В. В. МЕЩЕРЯКОВ и И. М. ЧЕНЦОВ

ПЕРЕСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН И ТАБЛИЦЫ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ



ГОСЭНЕРГОИЗДАТ

В. В. МЕЩЕРЯКОВ и И. М. ЧЕНЦОВ

ПЕРЕСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН
И
ТАБЛИЦЫ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1950 ЛЕНИНГРАД

ЭЭ-4-3

В книге приведены типы обмоток машин постоянного и переменного тока с примерами составления схем обмоток, изложены методы пересчета машин постоянного тока и асинхронных электродвигателей на другие режимы работ и поверочные расчеты машин, не имеющих паспортных и обмоточных данных, с практическими примерами.

В конце книги даны таблицы обмоточных данных наиболее распространенных серий электрических машин.

Книга предназначена для лиц, занятых ремонтом и перемоткой электрических машин.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемая читателям книга является практическим руководством по расчету электрических машин постоянного тока и асинхронных двигателей при ремонте и перемотке их с измененными техническими данными. Наряду с табличными материалами приводятся простые, доступные для практиков методы пересчета электрических машин на другие напряжения и числа оборотов.

Авторы использовали свою практику в области расчетов и ремонта электрических машин и обмоточные данные, собранные в течение нескольких лет работы.

Обмоточные данные электродвигателей малых и средних мощностей составлены для напряжений 127/220, 220/380 и 500 *в*. В таблицах приведены также электромагнитные нагрузки.

Эта книга может служить пособием прежде всего для производственников, занятых ремонтом и перемоткой электрических машин.

Книга состоит из введения, четырех глав и приложения. Во введении дается краткий обзор истории развития электромашиностроения и данные по наиболее распространенным сериям машин.

В первой главе рассмотрены обмотки машин постоянного тока и их схемы, во второй главе — пересчет машин постоянного тока, в третьей главе — обмотки машин переменного тока и их схемы, в четвертой — пересчет асинхронных двигателей.

В приложении помещены таблицы обмоточных данных электрических машин отечественных заводов, наиболее часто встречающихся в эксплоатации.

Между авторами работа была распределена следующим образом: инженером-электриком В. В. Мещеряковым написан текст книги и обработано 70% помещенных в приложении таблиц, а И. М. Ченцовым обработано 30% таблиц.

СОДЕРЖАНИЕ

Приложение 2

Таблицы стержневых волновых роторных обмоток двухслойного типа

ВВЕДЕНИЕ

1. КРАТКИЙ ОБЗОР РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЯ

Электрические машины первого периода были магнитоэлектрическими машинами переменного тока, без коллектора с неподвижными постоянными магнитами подковообразной формы. Они предназначались для освещения маяков электрической дугой. Источником механической энергии служила паровая машина, соединенная с электрическим генератором ременной передачей. Развитие этих машин характеризуется постепенным изменением конструкции их якоря и магнитов.

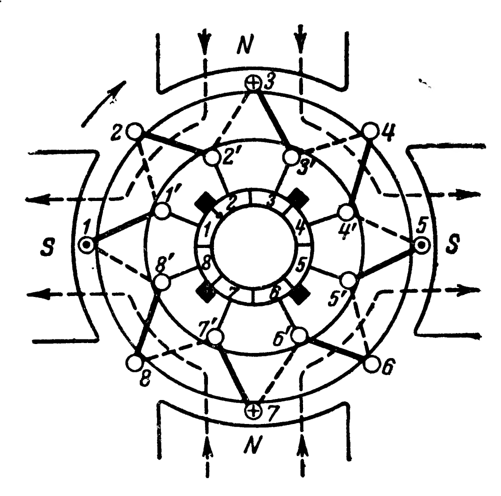
Динамо-электрические машины стали строиться после открытия в 1831 г. закона электромагнитной индукции исключительно в качестве генераторов переменного тока, весьма примитивной конструкции. В 1834 г. русский академик Б. С. Якоби построил первую машину постоянного тока с коммутатором. У первых электрических машин якорь представлял собой электромагниты с надетыми на них катушками. В таком исполнении он по форме напоминал корабельный якорь, откуда он и получил свое название.

Затем якорь превратился в кольцо, обмотанное медной проволокой (кольцевой якорь) (фиг. 1), и только в конце прошлого столетия якорь стали выполнять с пазами, в которые вкладывалась обмотка (барабанный якорь) (фиг. 2). Конструкция барабанного якоря была дана русским электротехником П. Н. Яблочковым.

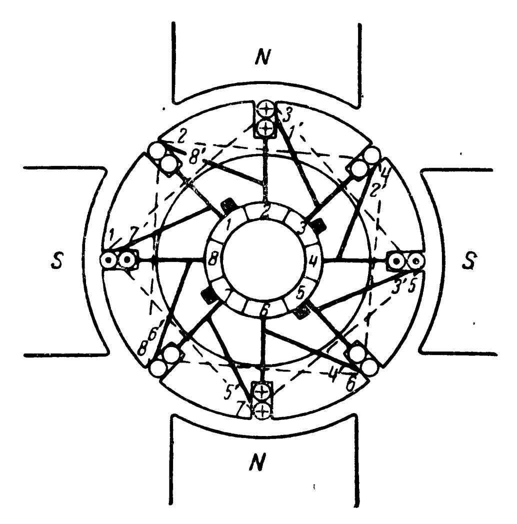
Процесс усовершенствования конструкций машин постоянного тока идет дальше: находят способы улучшения коммутации и компенсации реакции якоря. Улучшение коммутации достигается, во-первых, заменой медных щеток на коллекторе угольными, обладающими большим контактным сопротивлением; во-вторых, построением дополнительных полюсов и введением компенсационных обмоток.

Широкому внедрению переменного тока в значительной мере способствовало изобретение в 1882 г. И. Ф. Усагиным однофазного трансформатора.

В 1889 г. русский инженер М. О. Доливо-Добровольский открыл трехфазный ток, а в 1890 г. сконструировал первый асинхронный



Фиг. 1. Кольцевая обмотка якоря.



Фиг. 2. Барабанная обмотка якоря.

электродвигатель трехфазного тока, который явился прототипом изготовляемых и по настоящее время асинхронных двигателей.

Таблица 1

Синхронное число оборотов в минуту n_1, об/мин	Номинальное напряжение $U_н$					
	127/220	220/380	380	500	3 000	6 000
	Пределы мощностей, *квт*					
600	—	41—175	41—350	41—400	100—600	250—500
750	2,5—15	2,5—175	2,5—350	2,5—400	100—750	250—600
1 000	2,5—15	2,5—175	2,5—300	2,5—400	100—1 000	250—750
1 500	3—15	3—175	3—350	3—400	100—1 500	250—1 200

Им же впервые разработаны и построены асинхронный короткозамкнутый электродвигатель с двойной беличьей клеткой, трехфазная синхронная машина и трехфазный трансформатор.

Развитие электромашиностроения, усовершенствование конструкции, вентиляции, применение более совершенной изоляции и активной стали позволили допустить более высокие электромагнитные нагрузки. Поэтому электрические машины как по весу, так и по габаритам уменьшаются. Например, асинхронный электродвигатель мощностью 3,7 *квт* в 1893 г. весил 150 *кг*, в 1903 г. — 105 *кг*, в 1913—93 *кг*, в 1926 г. — 64 *кг*, в 1939 г. — 45 *кг*.

Показательными типами электрических машин, характеризующими развитие электромашиностроения, являются двигатели завода ХЭМЗ типов Д и МА и завода «Электросила» — аPRV и АД.

Электродвигатель типа Д мощностью 11 *квт*, 1 450 об/мин имел вес обмотки статора 19,6 *кг*, а двигатель типа МА мощностью 10,5 *квт*, 1 460 об/мин имеет вес обмотки лишь 5,6 *кг*.

Электродвигатель типа АPRV мощностью 10 *квт*, 1 440 об/мин имел вес обмотки статора 11,1 *кг*, а двигатель типа АД мощностью 10 *квт*, 1 450 об/мин — только 5,1 *кг*.

Отсюда видно, что по одной лишь активной меди двигателя современной конструкции вдвое и втрое легче.

В настоящее время электрические генераторы изготовляются на номинальные напряжения: 133, 230, 400, 525, 3 300 и 6 300 *в*, а электродвигатели на номинальные напряжения: 127, 220, 380, 500, 3 000 и 6 000 *в*.

Электродвигатели трехфазные асинхронные с фазовым ротором мощностью до 1 500 *квт* изготовляются на 600, 750, 1 000 и 1 500 синхронных оборотов в минуту (ГОСТ В-1042-41).

Электродвигатели в зависимости от синхронного числа оборотов в минуту и номинального напряжения изготовляются в пределах мощностей, указанных в табл. 1.

Электродвигатели на напряжения 127/220 и 220/380 *в* согласно ГОСТ В-1042-41 изготовляются с шестью выводными концами, а на напряжения 380, 500, 3 000 и 6 000 *в* — с тремя выводными концами; причем выводные концы электродвигателей должны быть расположены с правой стороны, если смотреть со стороны рабочего конца вала.

2. ТЕХНИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ СЕРИЙ МАШИН

Заводами электропромышленности выпускаются серии электрических машин, имеющие различные области применения. Наибольшее распространение имеют асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, отличающиеся простотой конструкции, большой надежностью в эксплоатации и отсутствием пусковых реостатов. Электродвигатели с контактными кольцами применяются только в тех случаях, когда источник питания не допускает больших пусковых токов и когда для привода требуется регулировка скорости вращения.

Электродвигатели постоянного тока сложнее и дороже асинхронных двигателей, однако они имеют то преимущество, что допускают экономичное и плавное изменение скорости вращения в широких пределах, неосуществимое для асинхронных электродвигателей. Генераторы постоянного тока служат для зарядки аккумуляторов, для электролиза и гальванопластики, а также применяются в качестве возбудителей для синхронных машин.

Технические данные наиболее распространенных серий электрических машин, выпускаемых заводами электропромышленности, приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование серий	Область применения	Исполнение по роду защиты	Пределы мощностей в *квт* и числа оборотов	Напряжение, *в*
		Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором		
АД	Общее применение	Защищенное	1,6—12 *квт* при 3 000 об/мин 1—10 *квт* при 1 500 об/мин 0,55—6 *квт* при 1 000 об/мин 2,8—3,5 *квт* при 750 об/мин	До 1,5 *квт* 127/220, 220/380 и выше 1,5 *квт* 127/220, 220/380 и 500 *в*
АДС	Привод эксцентриковых прессов и т. п.	»	1,5—8,3 *квт* при 3 000 об/мин 0,85—7,2 *квт* при 1 500 об/мин 0,53—4,4 *квт* при 1 000 об/мин 2,1—2,6 *квт* при 750 об/мин	То же
АД на 3 000 об/мин	Общее применение	»	16—96 *квт* при 3 000 об/мин	220/380 и 500
Урал	То же	»	4,5—12 *квт* при 1 500 об/мин 2,7—8 *квт* при 1 000 об/мин 4—5,2 *квт* при 750 об/мин	127/220, 220/380 и 500
МА-8-9	»	»	29—70 *квт* при 1 500 об/мин 20,5—45 *квт* при 1 000 об/мин 16—35 *квт* при 750 об/мин	220|380 и 500
МКМБ	»	1. Защищенное 2. Защищенное от капель 3. Закрытое с подводом воздуха	1,9—19 *квт* при 1 500 об/мин 1,1—11,5 *квт* при 1 000 об/мин 6,5—8,9 *квт* при 750 об/мин	127/220, 220/380 и 500
МА-200	Общее применение	Защищенное	13—105 *квт* при 1 500 об/мин 9,1—72 *квт* при 1 000 об/мин 6—53 *квт* при 750 об/мин	220/380 и 500
ТН	То же	»	0,4—1,5 *квт* при 3 000 об/мин 0,4—1 *квт* при 1 500 об/мин	127/220, 220/380
ТТ, МТО, ТПФ	Привод текстильных машин	1. Закрытое (ТПФ и ТТ-5) 2. Закрытое с внешним обдувом (МТО и ТТ-6,7)	2,2—8,9 *квт* при 1 500 об/мин 1,1—7,5 *квт* при 1 000 об/мин 3,8—4,5 *квт* при 750 об/мин	127/220, 220/380 и 500
ДТ	Привод деревообделочных станков	Закрытое с внешним обдувом	2,2—3,2 *квт* при 3 000 об/мин	127/220, 220/380 и 500
МА-140	В угольных шахтах	Закрытое с внешним обдувом взрывобезопасное	5,5—85 *квт* при 1 500 об/мин 3,8—61 *квт* при 1 000 об/мин 2,7—46 *квт* при 750 об/мин	127/220, 220/380 и 500
МА-170	Привод конвейеров в угольных шахтах	Закрытое взрывобезопасное	13—17 *квт* при 1 500 об/мин	220/380
МА-191	Привод врубовых машин	Закрытое взрывобезопасное	24—47 *квт* при 1 500 об/мин	220/380
		Асинхронные электродвигатели с контактными кольцами		
МКА	Общее применение	1. Защищенное 2. Защищенное от капель	30—37 *квт* при 1 500 об/мин 22,5—44 *квт* при 1 000 об/мин 16,2—33 *квт* при 750 об/мин	127/220, 220/380 и 500
МАК	То же	Защищенное	70 *квт* при 1 500 об/мин 45 *квт* при 1 000 об/мин 35 *квт* при 750 об/мин	220/380 и 500

Продолжение табл. 2

Наименование серий	Область применения	Исполнение по роду защиты	Пределы мощностей в *квт* и числа оборотов	Напряжение, *в*
КТ	Электрические краны и другие подъемные устройства	Закрытое и защищенное	2,2—12 *квт* при 1 000 об/мин 11—30 *квт* при 750 об/мин 30—125 *квт* при 600 об/мин при 25% продолжительности включения	220/380 и 500
Машины постоянного тока				
Электродвигатели ПН завода „Электросила" им. Кирова	Общее применение	Защищенное	0,3—60 *квт* при 970 об/мин	110, 220 и 440
Генераторы ПН завода „Электросила" им. Кирова	То же	„	От 0,37 *квт* при 1 450 об/мин до 88 *квт* при 1 470 об/мин	115, 230 и 460
Электродвигатели ПН ХЭМЗ им. Сталина	„	Защищенное и закрытое	От 24,5 *квт* при 565 об/мин до 200 *квт* при 1 140 об/мин (в защищенном исполнении)	110, 220 и 440
Генераторы ПН ХЭМЗ им. Сталина	„	Защищенное	От 70 *квт* при 1 470 об/мин до 138 *квт* при 975 об/мин	115, 230 и 460
Генераторы ПН завода „Электросила" им. Кирова	Для зарядки аккумуляторных батарей	„	От 1,7 *квт* при 1 460 об/мин до 72 *квт* при 1 470 об/мин	115/160 и 230/320
Генераторы ПН завода ХЭМЗ им. Сталина	То же	„	От 55 *квт* при 1 470 об/мин до 108 *квт* при 975 об/мин	115/160 и 230/320
Генераторы МП-540	Для соединения с поршневыми тихоходными двигателями	„	5,3—66 *квт* при 600 об/мин	115 и 230
Генераторы ЗД	Для зарядки аккумуляторных батарей	Открытое	4—12 *квт* при 1 450 об/мин	24/36 и 48/72
Генераторы ЗДН	То же	Закрытое	0,43/0,48 при 1 800 об/мин 1,5 *квт* при 2 200 об/мин	36/120 и 60
Генераторы НД	Для гальванопластики	Открытое	От 0,3 *квт* при 1 450 об/мин до 30 *квт* при 720 об/мин	6/12
КПДН и КПД	Электрические краны и другие подъемные устройства	Закрытое и защищенное	От 4,4 до 105 *квт* при 25% продолжительности включения	220, 440 и 500

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБМОТКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА И ИХ СХЕМЫ

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБМОТОК

В машинах постоянного тока применяются следующие обмотки: обмотка якоря, обмотка главных полюсов, обмотка дополнительных полюсов и компенсационная обмотка.

Для якорей современных машин исключительное применение имеют барабанные или цилиндрические обмотки.

Барабанный якорь представляет из себя цилиндр, состоящий из отдельных листов электротехнической стали толщиной 0,5 *мм* с выштампованными в них канавками или пазами, в которые укладывается обмотка.

В зависимости от схемы соединений обмотки якоря делятся на:

1) параллельные или простые петлевые;
2) последовательные или простые волновые;
3) сложно-петлевые;
4) сложно-волновые;
5) волновые обмотки с мертвыми секциями;
6) искусственно-замкнутые волновые обмотки;
7) ступенчатые обмотки;
8) комбинированные или «лягушечьи».

4. ПРОСТАЯ ПЕТЛЕВАЯ (ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ) ОБМОТКА

Петлевой обмоткой якоря называется такая обмотка, обходя которую по схеме, мы совершаем поступательные и возвратные движения, образуя ряд петель (фиг. 3). Например, провод, выйдя из первой коллекторной пластины (фиг. 3,*а*), попадает в пазы *1* и *9*, возвращается во вторую коллекторную пластину и затем в паз *2*.

Число параллельных ветвей простой петлевой обмотки равно числу полюсов машины

$$2a = 2p,$$

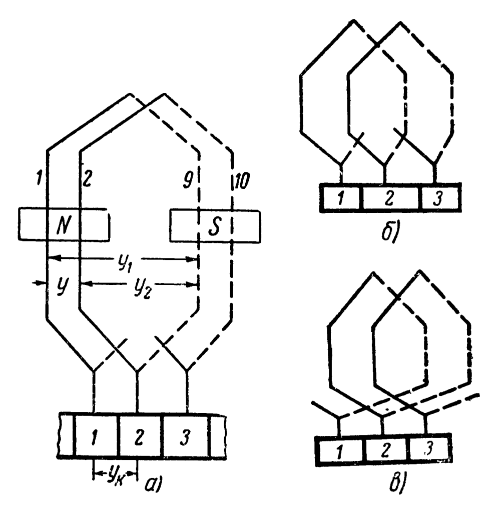
где $2p$ — число полюсов;
$2a$ — число параллельных ветвей.

При петлевой обмотке шаг по коллектору

$$y_к = \pm 1,$$

где знак — относится к левой или перекрещивающейся обмотке (фиг. 3,*в*), знак + к правой или неперекрещивающейся обмотке (фиг. 3,*а* и *б*).

Обычно делают обмотку неперекрещивающейся для избежания витковых замыканий.



Фиг. 3. Схема правой (*а* и *б*) и левой (*в*) петлевой обмоток.

Шаг обмотки по пазам приблизительно определяется по формуле

$$y_п = \frac{z}{2p},$$

где $y_п$ — шаг обмотки по пазам;
z — число пазов;
$2p$ — число полюсов.

Частичные шаги обмотки, выраженные числом пазов:

y_1 — первичный шаг обмотки;
y_2 — вторичный шаг обмотки.

Результирующий шаг

$$y = y_1 - y_2 = 1,$$

$$y_1 = \frac{z \pm b}{2p},$$

где b — какое-либо целое число для получения шага, выраженного целым числом:

$$y_2 = y_1 - y_к.$$

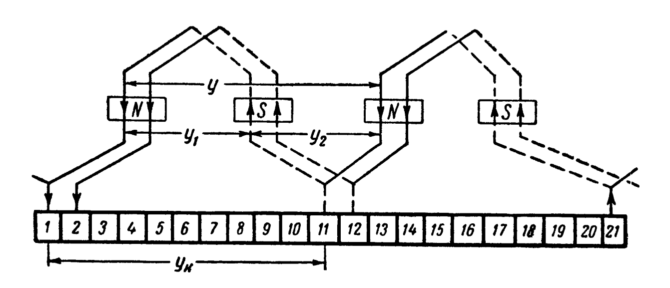
Число коллекторных пластин определяется

$$k = \frac{z \cdot S_п}{2},$$

где $S_п$ — число сторон секций обмотки в пазу, т. е. число выводных концов секций, присоединяемых к пластинам коллектора.

5. ПРОСТАЯ ВОЛНОВАЯ (ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНАЯ) ОБМОТКА

Волновой обмоткой якоря называется такая обмотка, обходя которую по схеме, мы совершаем движения, напоминающие волну,



Фиг. 4. Схема волновой обмотки.

откуда обмотка и получила название волновой (фиг. 4).

Число параллельных ветвей волновой обмотки при любых числах полюсов машин равно 2:

$$2a = 2.$$

Результирующий шаг

$$y = y_1 + y_2 = \frac{z \pm b}{p}.$$

Шаг обмотки по коллектору

$$y_к = \frac{k \pm a}{p};$$

знак + относится к перекрещивающейся обмотке, знак — к неперекрещивающейся;

$y_к$ — шаг обмотки по коллектору;
p — число пар полюсов;
k — число коллекторных пластин;
a — число пар параллельных ветвей

$$(a = 1).$$

Частичные шаги обмотки, выраженные числом пазов:

$$y_1 = \frac{z \pm b}{2p},$$

$$y_2 = y - y_1.$$

6. СЛОЖНО-ПЕТЛЕВАЯ ОБМОТКА

Сложно-петлевая обмотка состоит из нескольких простых петлевых обмоток, помещенных в пазах якоря и соединенных между собой параллельно щетками на коллекторе (фиг. 5). Эта обмотка имеет число параллельных ветвей больше, чем число полюсов в машине, и применяется в машинах с большой силой тока.

Число параллельных ветвей

$$2a = 2pm,$$

где m — число простых петлевых обмоток, из которых получается сложно-петлевая обмотка.

Опыт показывает, что эти обмотки хорошо работают только при $m = 2$.

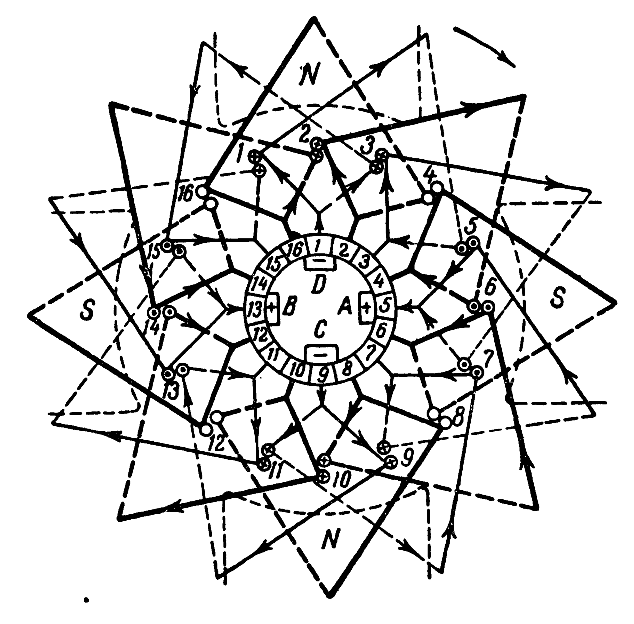
Шаги сложно-петлевой обмотки определяются по формулам:

результирующий шаг $y = m$,

шаг по коллектору $y_к = \pm m$.

Так как обычно берут $m = 2$, то шаг обмотки по коллектору $y_к = \pm 2$.

Распределение секций по параллельным ветвям обмотки при $z = 16$ и $2p = 4$ показано на фиг. 6.



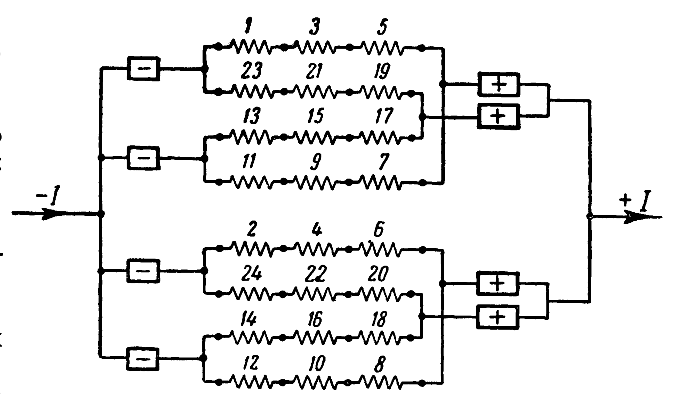
Фиг. 5. Схема сложно-петлевой обмотки.

7. СЛОЖНО-ВОЛНОВАЯ ОБМОТКА

Сложно-волновая обмотка получается из нескольких волновых обмоток, соединенных между собой параллельно щетками на коллекторе. Число параллельных ветвей равно удвоенному числу простых волновых обмоток:

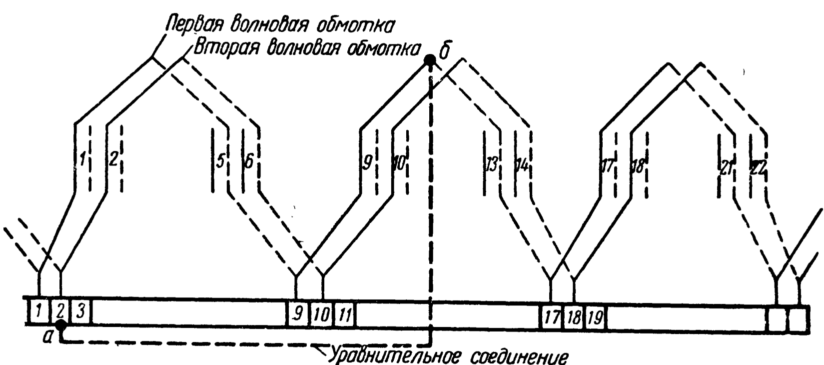
$$2a = 2m,$$

где m — число простых волновых обмоток, составляющих сложно-волновую. Эта обмотка применяется в многополюсных машинах, у которых простая волновая обмотка приводит к недопустимо большому току в параллельной ветви, а применение петлевой обмотки создает слишком большое число параллельных ветвей.



Фиг. 6. Распределение секций по параллельным ветвям обмотки, изображенной на фиг. 5.

Порядок соединения проводников одного обхода сложно-волновой обмотки показан на фиг. 7.

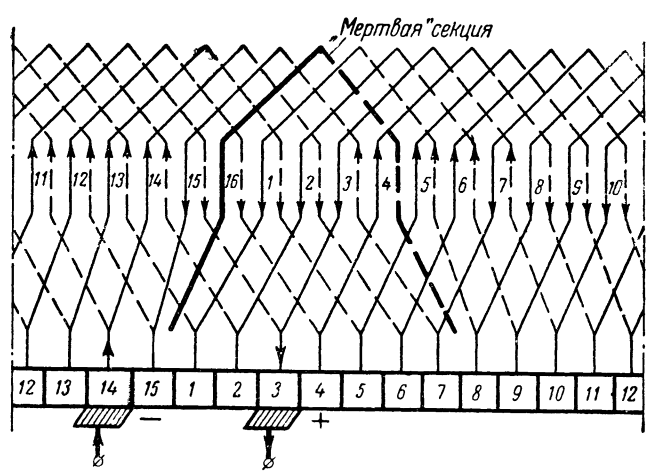


Фиг. 7. Схема сложно-волновой обмотки. $z=26$, $2p=6$, $k=26$, $a=2$.

8. ВОЛНОВЫЕ ОБМОТКИ С «МЕРТВЫМИ» СЕКЦИЯМИ

В четырехполюсных машинах при четном числе пазов или сторон секций у волновых обмоток получается дробное число для шага по коллектору, что характеризует невыполнимость обмотки. Для четырехполюсных машин выгодно применять простые волновые обмотки. Для осуществления обмотки число коллекторных пластин уменьшают на одну пластину и оставляют одну секцию свободной, не присоединенной к коллектору. Последнюю называют мертвой секцией, так как она не участвует в создании э. д. с. Данная обмотка является несимметричной.

Схема волновой обмотки с мертвой секцией показана на фиг. 8.

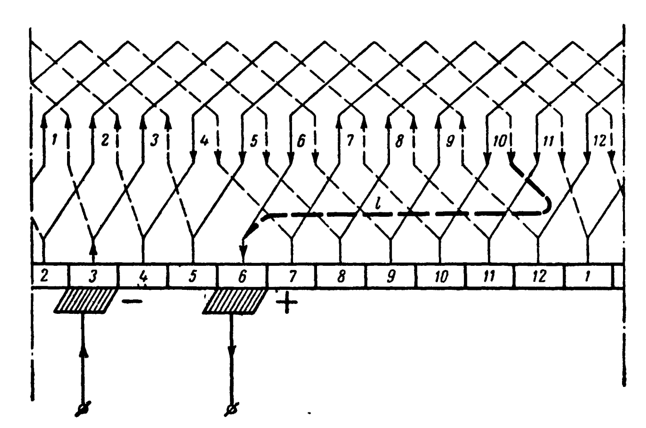


Фиг. 8. Схема волновой обмотки с мертвой секцией.

9. ИСКУССТВЕННО-ЗАМКНУТАЯ ВОЛНОВАЯ ОБМОТКА

Искусственно-замкнутая волновая обмотка применяется в том случае, когда в данном якоре при определенном числе коллекторных пластин простая волновая обмотка неосуществима. Как известно, при четном числе коллекторных пластин четырехполюсная волновая обмотка не замыкается, поэтому требуется искусственный метод намотки. Последний заключается в том, что ведут расчет исходя из числа коллекторных пластин и пазов на единицу больше фактических, т. е. не k и z, а $k+1$ и $z+1$, откуда вычисляют необходимые параметры обмотки якоря.

Одну коллекторную пластину, мысленно представленную $k+1$, и секцию, выходящую из $z+1$ в паз второй, заменим проводником l, а провода, лежащие в нижнем слое пазов $z+1$ и первого, сдвинем на один паз вправо. Тогда проводник нижнего слоя первого паза попадет в нижний слой второго паза, а проводник, ле-



Фиг. 9. Схема искусственно-замкнутой волновой обмотки.

жащий внизу z-го паза, попадет в нижний слой первого паза. Таким сдвигом z-й паз как бы освобождается и обмотка автоматически замыкается, т. е. получается искусственно-замкнутая волновая обмотка. Так как в действительности не существует $k+1$ пластин, то шаги по коллектору для этой обмотки будут неодинаковыми, а периодически чередоваться; один шаг

$$y_к = \frac{(k+1)-1}{p} = \frac{k}{p},$$

другой

$$y'_к = \frac{k}{p} - 1.$$

Чередование шагов зависит от числа полюсов машины. Так, например, в четырехполюсной обмотке один шаг равен $y_к$, а другой $y'_к$, а в шестиполюсной обмотке из трех шагов одного обхода 2 равны $y_к$, а третий $y'_к$.

Для порядка намотки желательно начинать закладывать секцию из первой коллекторной пластины, тогда при обходе обмотки по окружности якоря оставшийся свободный конец соединяют с проводником, впаянным в эту пластину. Пусть якорь имеет (фиг. 9):

$$z = 12;\ 2p = 4;\ k = 12;\ S_п = 2.$$

Если по расчету необходима волновая обмотка, то ведем расчет на $z+1$ пазов и $k+1$ коллекторных пластин.

В нашем примере $k+1 = 13$, $z+1 = 13$, тогда шаги по коллектору выразятся:

$$y_к = \frac{(k+1)-1}{p} = \frac{12}{2} = 6,$$

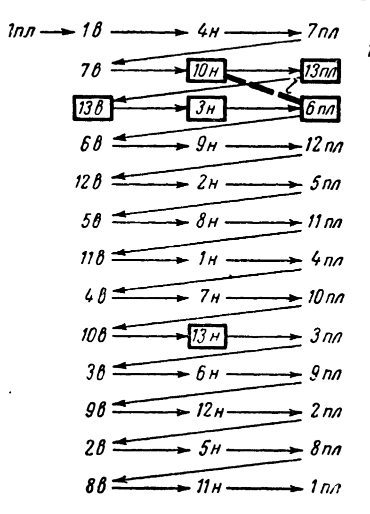
$$y_1 = 3 \text{ и } y_2 = 3;$$

шаг по пазам

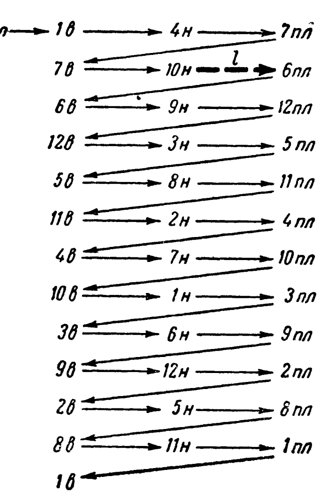
$$y_п = \frac{z}{2p} = \frac{12}{4} = 3.$$

Секционные стороны и коллекторные пластины соединяются в таком порядке, как показано на схеме фиг. 9.

Так как в действительности пластина *13* и секция *13*, состоящая из 13-го верхнего и 3-го нижнего проводников, не существуют, то заменим их проводником l, соединяя им нижний проводник паза *10* и коллекторную пластину *6*.



Фиг. 10. Цифровая схема соединений к фиг. 9.

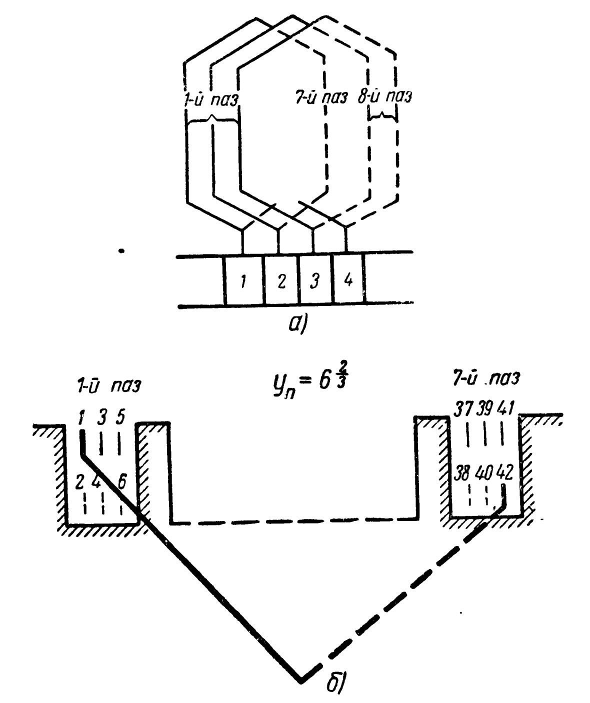


Фиг 10а. Цифровая схема перехода от простой волновой при $z = k = 13$ к искусственно-замкнутой волновой обмотке при $z = k = 12$.

На цифровой схеме (фиг. 10) пунктирная линия является проводником, при помощи которого происходит искусственное замыкание.

10. СТУПЕНЧАТЫЕ ОБМОТКИ

Кроме равносекционных шаблонных обмоток, выполнимых только при целом шаге по пазам $y_п$, можно осуществить обмотку и при дробном $y_п$. Такая обмотка называется «ступенчатой» или «лестничной», у которой получаются неравные секции, т. е. левые стороны секций лежат в верхнем слое паза, а правые — в нижних слоях пазов (фиг. 11). У «ступенчатых» обмоток для коммутации тока создаются более благоприятные условия, чем в равносекционных, поэтому эти обмотки нередко изготовляются, несмотря на дороговизну их производства и наличие уширенной коммутационной зоны, требующей соответственного уширения полюсных наконечников дополнительных полюсов.



Фиг. 11. Укладка в пазы секций ступенчатой обмотки.

11. УРАВНИТЕЛЬНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Уравнительные соединения — это провода, присоединенные к точкам равного потенциала на коллекторе с целью создания путей для уравнительных токов, минуя щетки.

Уравнительные токи создаются от неравенства магнитных потоков отдельных полюсов машины.

Неравенство магнитных потоков вызывается следующими причинами:

1) плохой сборкой машины или сработкой подшипников, что порождает неравенство воздушных зазоров под разными полюсами;

2) неоднородностью материала магнитной цепи вследствие наличия раковин в отливке станины, плохой сборки полюсов и т. д.

При нагрузке уравнительный ток складывается с током якорной цепи, увеличивая плотность тока под щеткой, что при продолжительной работе машины вызывает на коллекторе сильное искрение. Чтобы освободиться от такого нежелательного явления, необходимо направить уравнительные токи вне щеток через дополнительную электрическую цепь меньшего сопротивления. Такой цепью будет проводник, соединяющий коллекторные пластины, находящиеся под щетками одинаковой полярности. Токи, текущие по уравнительным соединениям, создают магнитное поле, которое выравнивает потоки отдельных полюсов.

Расстояние между коллекторными пластинами, соединенными уравнительным проводом, давно расстоянию между щетками одинаковой полярности, а именно $\frac{k}{p}$. Каждое уравнительное соединение захватывает p коллекторных пластин.

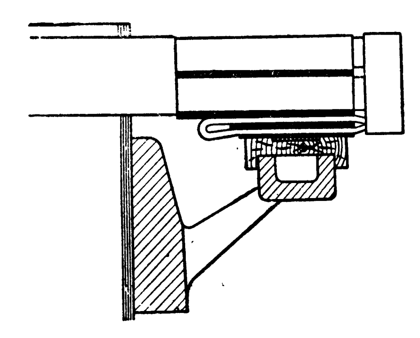
а) Уравнительные соединения в петлевых обмотках

Шаг уравнительных соединений $y_{ур} = \frac{k}{p}$,

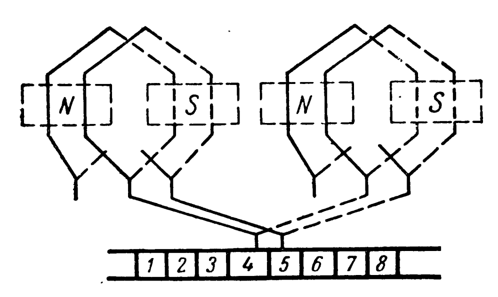
но так как $a = p$, то $y_{ур} = \frac{k}{a}$.

Без уравнительных соединений петлевая обмотка работать хорошо не может. Одним из условий симметрии для этой обмотки является требование, чтобы $\frac{k}{a}$ и $\frac{z}{a}$ выражались целым числом.

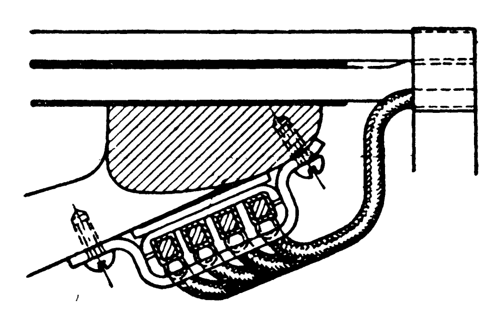
Для крупных машин мощностью свыше 1 000—1 200 *квт* берут полное число уравнителей, т. е. соединяют ими все пластины коллектора; до 500 *квт* уравнительные соединения делают через одну или через две коллекторные пластины, обычно по одному соединению на паз, а в четырехполюсных машинах малой мощности устраивают только три уравнительных соединения.



Фиг. 12. Уравнительные соединения, расположенные под лобовыми частями обмотки.



Фиг. 12а. Уравнительные соединения в петушках.



Фиг. 13. Уравнительные соединения в виде колец.

Конструктивное выполнение уравнителей разнообразно. Их либо помещают под лобовыми частями обмотки (фиг. 12), либо осуществляют как кольцевые провода со стороны коллектора (фиг. 13).

Площадь поперечного сечения уравнителей выбирают примерно 0,2 ÷ 0,5 от площади поперечного сечения проводника обмотки якоря.

б) Уравнительные соединения в волновых обмотках

Так как параллельные ветви волновой обмотки находятся под всеми полюсами машины, то неравенство магнитных потоков отдельных полюсов не вызывает неравенства э. д. с. в параллельных ветвях обмотки.

Поэтому в простых волновых обмотках нет надобности устраивать уравнительные соединения. Но в сложно-волновых обмотках уравнители необходимы, хотя здесь они имеют другое назначение.

В этих обмотках соседние коллекторные пластины принадлежат разным параллельным ветвям, и поэтому напряжения между соседними коллекторными пластинами могут быть неодинаковыми. Для выравнивания напряжений между коллекторными пластинами необходимо одну обмотку электрически соединить с другой при помощи уравнителей (уравнители 2-го рода), как показано на фиг. 7.

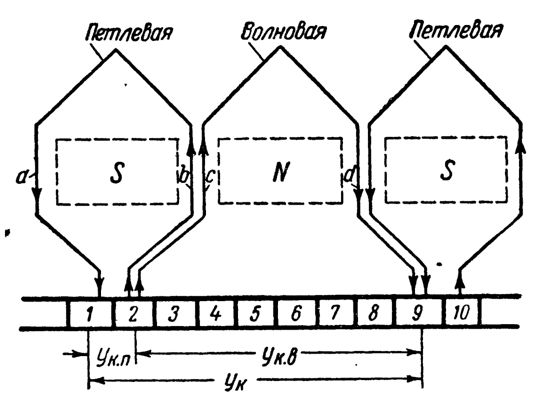
Если отношение $\frac{2p}{a}$ выражается нечетным числом, тогда уравнителями приходится соединять точки обмотки, расположенные с обеих сторон якоря.

В этом случае шаг уравнительных соединений

$$y_{ур} = \frac{k}{a} - \frac{y_к}{2}.$$

12. КОМБИНИРОВАННАЯ (ЛЯГУШЕЧЬЯ) ОБМОТКА

Лягушечья обмотка является комбинацией из сложно-волновой и петлевой обмоток, имеющих одинаковое число секций (фиг. 14).



Фиг. 14. Схема лягушечьей обмотки.

Эта обмотка не нуждается в уравнительных соединениях, так как секции ее играют роль уравнительных соединений. Для осуществления комбинированной обмотки в пазы якоря закладывают две обмотки: одну петлевую, а другую волновую с одним и тем же числом витков и параллельных ветвей. Число параллельных ветвей лягушечьей обмотки вдвое больше числа полюсов, так как обе обмотки соединены параллельно.

Как волновую, так и петлевую обмотки необходимо присоединять к коллекторным пластинам. Поэтому к каждой коллекторной пластине присоединяется 4 проводника. Для получения пластин одного потенциала нужно, чтобы шаги по коллектору удовлетворяли следующему условию:

$$y_{к.п} + y_{к.в} = \frac{k}{p},$$

где $y_{к.п}$ — шаг по коллектору петлевой обмотки;

$y_{к.в}$ — шаг по коллектору волновой обмотки, тогда сумма э. д. с., индуктированных в контуре $a - b - c - d$ будет равна нулю.

Сумма шагов волновой и петлевой обмоток равна числу пазов, приходящемуся на пару полюсов:

$$y_{к.п} + y_{к.в} = \frac{z}{p}.$$

Лягушечьи обмотки применяются в мощных или низковольтных машинах.

13. ВЫБОР ТИПА ОБМОТКИ

При выборе типа обмоток якоря следует руководствоваться следующими данными:

1. Число коллекторных пластин не должно быть слишком велико, так как в тонких пластинах (менее 3,5 *мм*) нельзя сделать прорези для проводников якоря.

2. Наименьшее число коллекторных пластин должно быть таким, чтобы среднее напряжение между соседними пластинами было не более 21 *в*.

3. Сила тока в параллельной ветви якоря не должна быть больше 500 *а*, иначе возникнет искрение на коллекторе.

В практике установлены следующие области применения различных типов обмоток:

1. Простые волновые обмотки применяются для машин, мощность которых не превышает 50 *квт* при 110 *в*, 100 *квт* при 220 *в*, 300 *квт* при 440 *в*.

2. Простые петлевые обмотки используются в малых двухполюсных машинах и в многополюсных машинах при мощности выше 500 *квт*.

3. Сложно-волновые обмотки применяются для машин мощностью 150—300 *квт* при 220 *в*. При простой петлевой обмотке в таких машинах получается слишком большое число коллекторных пластин.

4. В машинах весьма большой мощности при больших токах применяют лягушечью обмотку.

5. Сложно-петлевые обмотки применяются для машин низкого напряжения.

14. ОБМОТКИ ГЛАВНЫХ ПОЛЮСОВ

Обмотки главных полюсов по методу соединения с обмоткой якоря разделяются на:

1) сериесные обмотки;
2) шунтовые обмотки;
3) компаундные обмотки.

Обмотка возбуждения, соединяемая последовательно с обмоткой якоря, называется сериесной, а машины — сериесными.

Обмотка возбуждения, соединяемая параллельно с обмоткой якоря, называется шунтовой, а машины — шунтовыми.

Компаундная обмотка состоит из обмоток сериесной и шунтовой, а машины называются компаундными.

Сериесные обмотки имеют всегда малое количество витков с большим поперечным сечением, необходимым для прохождения полного тока якоря.

Шунтовые обмотки имеют большое количество витков с малым поперечным сечением, так как эти обмотки приключаются к полному напряжению сети.

15. ОБМОТКИ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОЛЮСОВ

Обмотки дополнительных полюсов служат для компенсации поля реакции якоря в нейтральной зоне и для улучшения коммутации. Поэтому в современных электрических машинах, работающих при тяжелых условиях коммутации из-за большой реакции якоря, высокой окружной скорости и большой плотности тока в контакте под щетками, они необходимы.

Без дополнительных полюсов совершенно не могут работать, например, реверсивные машины, в которых неосуществимо смещение щеток со среднего положения (нейтрали).

Так как коммутирующее поле должно изменяться при изменении нагрузки прямо пропорционально силе тока в обмотке якоря, то дополнительная обмотка должна питаться током якоря. При этом в дополнительных полюсах необходимо слабое насыщение, иначе пропорциональность между магнитной индукцией в полюсе и током в якоре нарушится. Направление тока в обмотке дополнительных полюсов для компенсации реакции якоря должно быть таким, чтобы ампервитки этих полюсов были направлены противоположно ампервиткам реакции якоря. Для этого обмотка дополнительных полюсов всегда присоединяется к обмотке якоря последовательно против поля реакции якоря. Чтобы улучшить коммутацию в машине, а следовательно, устранить искрение на коллекторе, в двигателях без дополнительных полюсов необходимо щетки смещать против вращения. В случае работы машины в режиме генератора щетки смещать на коллекторе по направлению вращения.

Для машин с дополнительными полюсами порядок чередования полярности полюсов главных (NS) и дополнительных (ns) при одном и том же направлении вращения якоря показан в табл. 3.

Таблица 3

Режим машины	Чередование полярности полюсов главных и дополнительных	Направление вращения якоря
Генератор	$N - s - S - n - N - s - S - n$	↶
Двигатель	$N - n - S - s - N - n - S - s$	↶

16. КОМПЕНСАЦИОННЫЕ ОБМОТКИ

Компенсационные обмотки применяются в машинах с целью уменьшения влияния поперечных ампервитков реакции якоря, которые вредно отражаются на работе машин, повышая потери в стали якоря. Кроме того, из-за наличия поперечных ампервитков реакции якоря, ухудшается коммутация и повышается на некоторых участках коллектора разность потенциалов между соседними пластинами.

Все вышеуказанные явления в машинах уничтожаются компенсационными обмотками либо полностью, либо частично. Такие обмотки обычно закладываются во впадины полюсных наконечников и соединяются последовательно с обмоткой якоря.

Компенсационные обмотки устраивают только в больших машинах или при тяжелых условиях коммутации (турбогенераторы, двигатели с ударной нагрузкой), так как они удорожают машину и усложняют ее конструкцию.

17. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ОБМОТОК ЯКОРЯ

Для простоты и удобства обычно изображают схему обмотки якоря в развернутом виде на плоскости, разрезав обмотку на каком-либо участке, причем в схеме необходимо показать не только пазовые и лобовые части обмотки, но также и коллектор. Данные для составления схемы должны быть следующие:

1) тип обмотки;
2) число полюсов машины $2p$;
3) число пазов якоря z;
4) число коллекторных пластин k;
5) шаг обмотки по пазам y_n (а так же частичные шаги y_1 и y_2);
6) шаг обмотки по коллектору $y_к$.

С целью устранения появления уравнительных токов, т. е. осуществления равенства э. д. с. в параллельных ветвях обмотки якоря, необходимо создать симметричную обмотку для данного числа пазов (z) и числа коллекторных пластин (k). Условия симметрии обмотки следующие:

1. Равенство чисел проводов N_n во всех пазах якоря

$$N_n=\frac{N}{z}=\text{целому числу}.$$

2. Число пазов, приходящееся на каждую пару параллельных ветвей, должно быть одинаковым:

$$\frac{z}{a}=\text{целому числу}.$$

3. Число секций в каждой паре параллельных ветвей должно быть равно:

$$\frac{k}{a}=\text{целому числу}.$$

4. Каждая секционная сторона, находящаяся под полюсом одной ветви, должна соответствовать секционным сторонам другой ветви одноименной полярности

$$\frac{2p}{a}=\text{целому числу}.$$

Для простой петлевой обмотки четвертое условие симметрии всегда соблюдается, так как $2a=2p$, а остальные три условия необходимо выдержать.

Для простой волновой обмотки, ввиду того что число параллельных ветвей $2a=2$, последние три условия выполняются при любых числах пазов и коллекторных пластин и нужно выдержать только первое условие. Однако, для машин маломощных допускается отступление от первого условия в случае волновой обмотки с мертвыми секциями.

В сложно-петлевых обмотках четвертое условие симметрии выполняется только при двухкратно-замкнутой обмотке, т. е. при $2a=4p$. Остальные три условия, безусловно, должны быть выполнены, что требует четных чисел пазов и коллекторных пластин.

В сложно-волновых обмотках обычно применяется двухкратно-замкнутая обмотка ($2a=4$), поэтому четвертое условие выполняется, а остальные три условия требуют четных чисел пазов и коллекторных пластин. Для симметрии лягушечьих обмоток необходимо, чтобы числа параллельных ветвей простых петлевых и волновых обмоток были бы равны, а сумма шагов по коллектору $\frac{k}{p}=$ целому числу. Что касается остальных требований симметрии, то они должны удовлетворять вышеприведенным четырем условиям.

Пример 1. Составить схему двухслойной простой петлевой обмотки для $z=24$, $2p=4$, $S_n=4$ (фиг. 15).

Число коллекторных пластин

$$k=\frac{z\cdot S_n}{2}=\frac{24\cdot 4}{2}=48.$$

Шаг по коллектору

$$y_к=1.$$

Шаг по пазам

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{24}{4}=6,$$

$$y_1=\frac{z\pm b}{2p}=\frac{24\pm 0}{4}=6,\ y_2=y_1-y_к=6-1=5.$$

Условия симметрии выполняются.

Порядок укладки секций обмотки в пазы показан на фиг. 16.

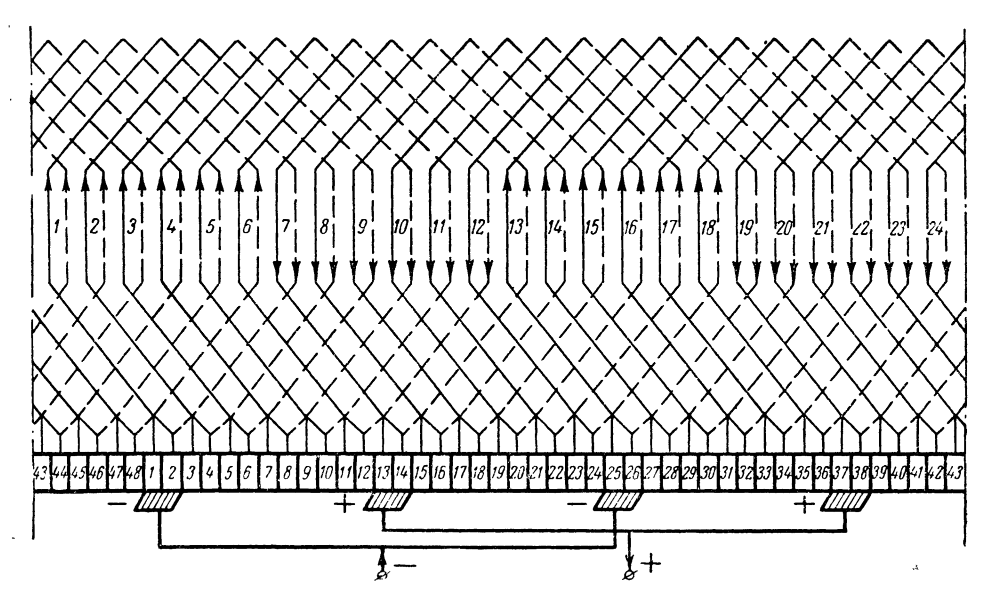
Пример 2. Составить схему двухслойной простой волновой обмотки для $z=15$, $2p=4$, $S_n=2$ (фиг. 17).

Число коллекторных пластин

$$k=\frac{z\cdot S_n}{2}=\frac{15\cdot 2}{2}=15.$$

Шаг обмотки по коллектору

$$y_к=\frac{k-a}{p}=\frac{15-1}{2}=7.$$

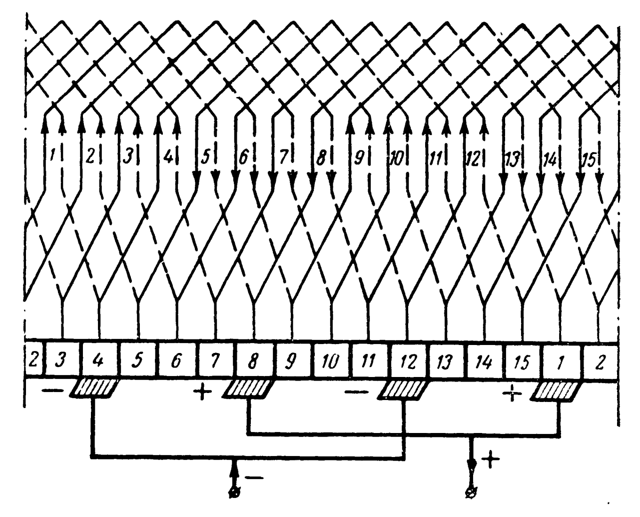


Фиг. 15. Схема простой петлевой обмотки. $z = 24$, $2p = 4$, $k = 48$.

Номера пазов

Верхний слой	Нижний слой
1н	7
2	8
3	9
4	10
5	11
6	12
7	13
8	14
9	15
10	16
11	17
12	18
13	19
14	20
15	21
16	22
17	23
18	24
19	1
20	2
21	3
22	4
23	5
24	6
1к	

Фиг. 16. Таблица соединений к схеме фиг. 15.



Фиг. 17. Схема простой волновой обмотки. $z = 15$, $2p = 4$, $k = 15$.

Шаг обмотки по пазам

$$y_n = \frac{z}{2p} = \frac{15}{4} = 3^3/_4,$$

берем $y_n = 4$:

$$y = \frac{z \pm b}{p} = \frac{15 - 1}{2} = 7,$$

$$= \frac{z \pm b}{2p} = \frac{15 + 1}{4} = 4,$$

$$y_2 = y - y_1 = 7 - 4 = 3.$$

Условия симметрии выполняются.

Порядок соединения секций показан на фиг. 18.

Пример 3. Составить схему двухслойной простой волновой обмотки с мертвой секцией для $z = 22$, $2p = 4$, $S_n = 2$ (фиг. 19).

Число коллекторных пластин

$$k = \frac{z \cdot S_n}{2} - 1 = \frac{2 \cdot 22}{2} - 1 = 21.$$

Шаг обмотки по пазам

$$y_n = \frac{z}{2p} = \frac{22}{4} = 5^1/_2, \text{ берем } y_n = 5,$$

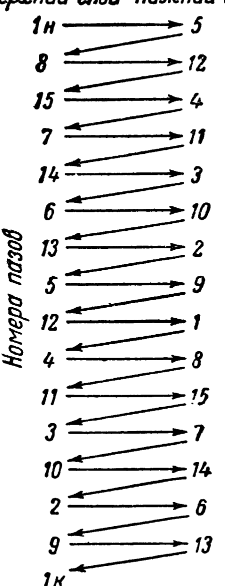
$$y = \frac{z \pm b}{p} = \frac{22 - 2}{2} = 10,$$

$$y_1 = \frac{z \pm b}{2p} = \frac{22 - 2}{4} = 5,$$

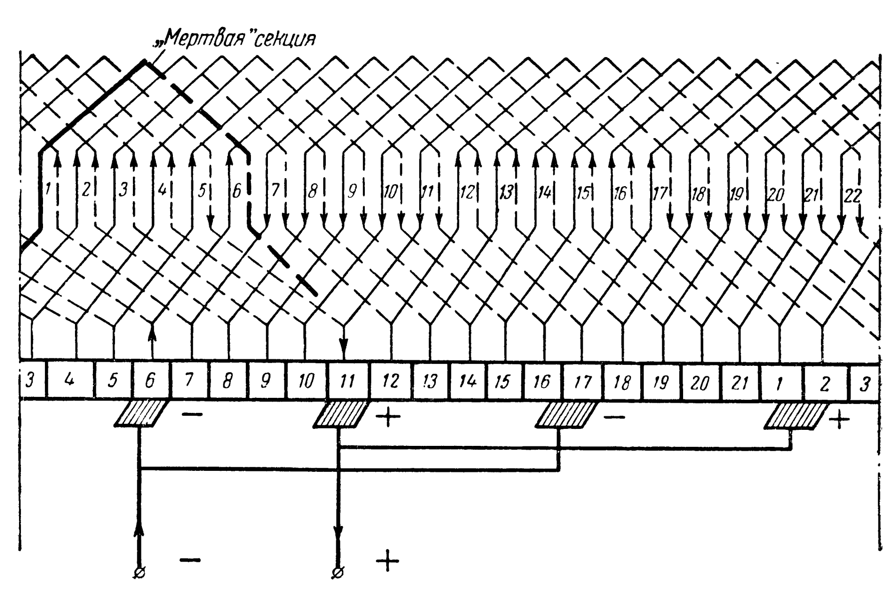
$$y_2 = y - y_1 = 10 - 5 = 5.$$

Пример 4. Составить схему двухкратно-замкнутой сложно-петлевой обмотки для $z = 16$, $2p = 4$, $S_n = 2$ (фиг. 20).





Фиг. 18. Таблица соединений к схеме фиг. 17.



Фиг. 19. Схема волновой обмотки с мертвой секцией. $z=22,\quad 2p=4,\quad k=21.$

Число параллельных ветвей

$$2a=m\cdot 2p=2\cdot 4=8.$$

Число коллекторных пластин

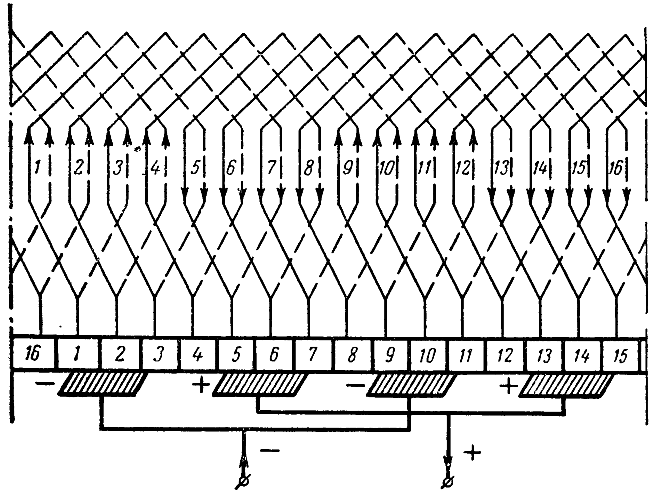
$$k=\frac{z\cdot S_n}{2}=\frac{16\cdot 2}{2}=16.$$

Шаг обмотки по коллектору

$$y_к=2.$$

Шаг обмотки по пазам

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{16}{4}=4.$$



Фиг. 20. Схема сложно-петлевой обмотки. $z=16,\quad 2p=4,\quad k=16,\quad m=2.$

Частичные шаги



$$y_1=y_n=4 \text{ и } y_2=y_1-y_к=4-2=2.$$

Условия симметрии выполняются.

Порядок соединения секций показан на фиг. 21.

Пример 5. Составить схему двухкратно-замкнутой сложно-волновой обмотки для $z=22$, $2p=4$, $S_n=2$ (фиг. 22).

Число параллельных ветвей

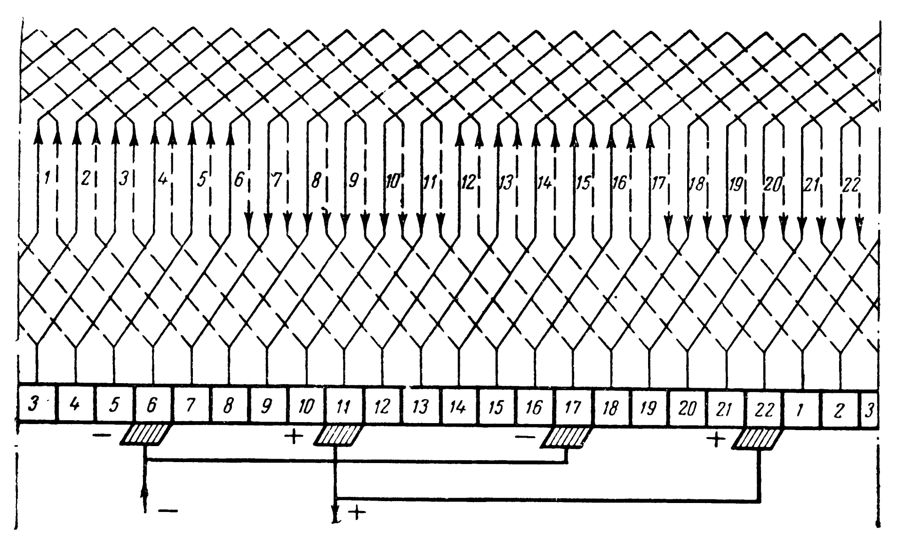
$$2a=2m=2\cdot 2=4.$$

Число коллекторных пластин

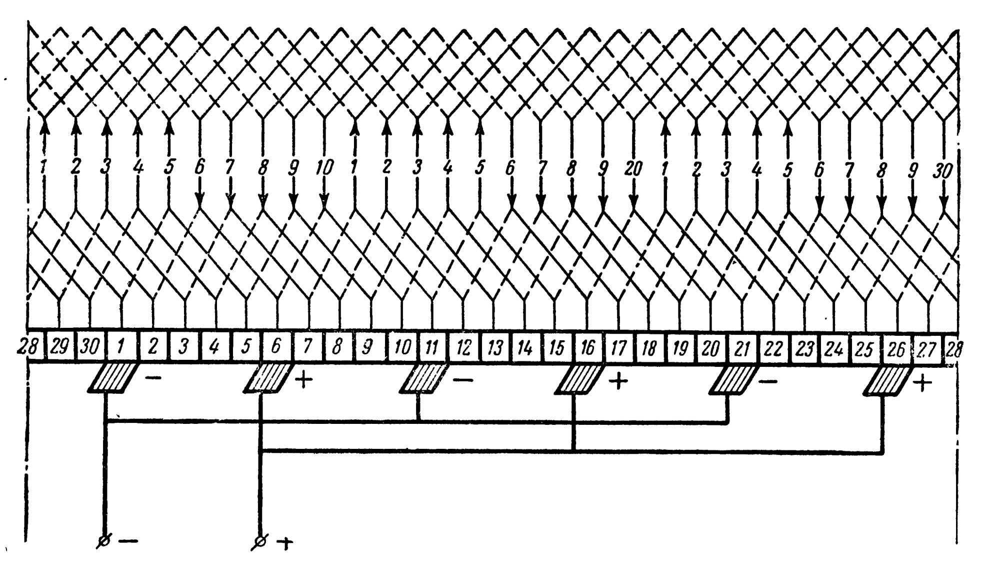
$$k=\frac{z\cdot S_n}{2}=\frac{22\cdot 2}{2}=22.$$

I обмотка (нечетные пазы) Верхний слой	Нижний слой	II обмотка (четные пазы) Верхний слой	Нижний слой
1н	5	2н	6
3	7	4	8
5	9	6	10
7	11	8	12
9	13	10	14
11	15	12	16
13	1	14	2
15	3	16	4
1к		2к	

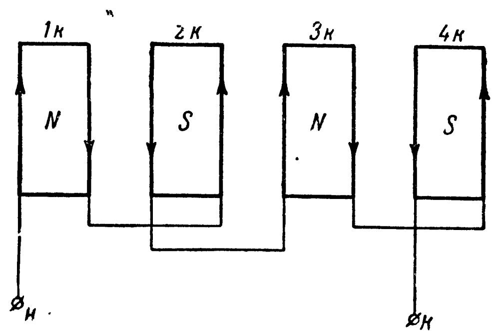
Фиг. 21. Таблица соединений к схеме фиг. 20.



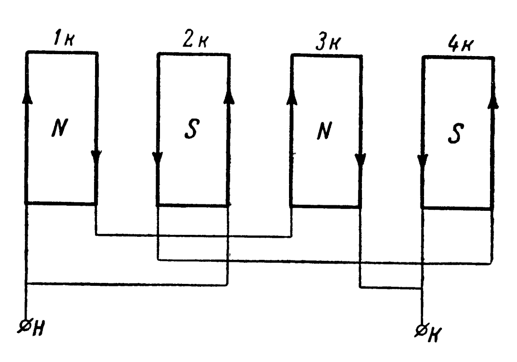
Фиг. 22. Схема сложно-волновой обмотки. $z=22$, $2p=4$, $k=22$, $m=2$.



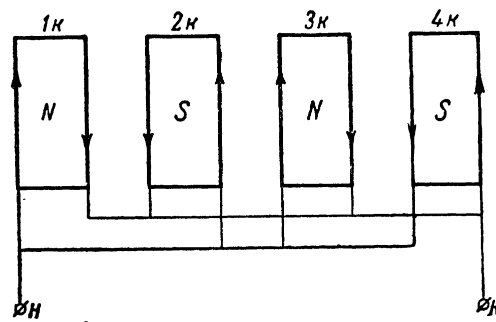
Фиг. 23. Схема лягушечьей обмотки. $z=30$, $2p=6$, $k=30$.



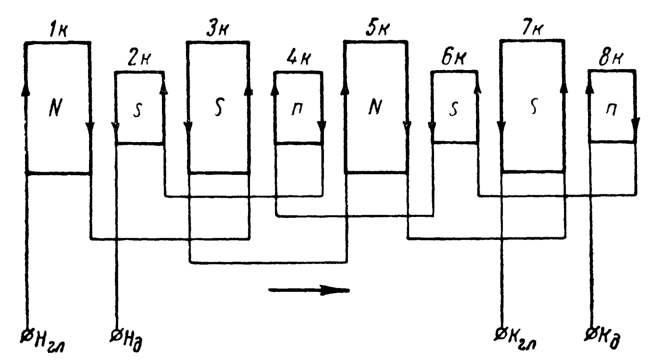
Фиг. 24. Схема четырехполюсной обмотки возбуждения с последовательным соединением катушек.



Фиг. 25. Схема четырехполюсной обмотки возбуждения с соединением катушек в две параллельные группы.



Фиг. 26. Схема четырехполюсной обмотки возбуждения с соединением катушек в 4 параллельные группы.



Фиг. 27. Схема четырехполюсной обмотки возбуждения генератора с дополнительными полюсами.

Шаг обмотки по коллектору

$$y_к = \frac{k \mp a}{p} = \frac{22-2}{2} = 10.$$

Частичные шаги:

$$y_1 = 5 \text{ и } y_2 = 5.$$

Шаг обмотки по пазам

$$y_п = \frac{z \pm b}{2p} = \frac{22-2}{4} = 5\,.$$

Условия симметрии выполняются.

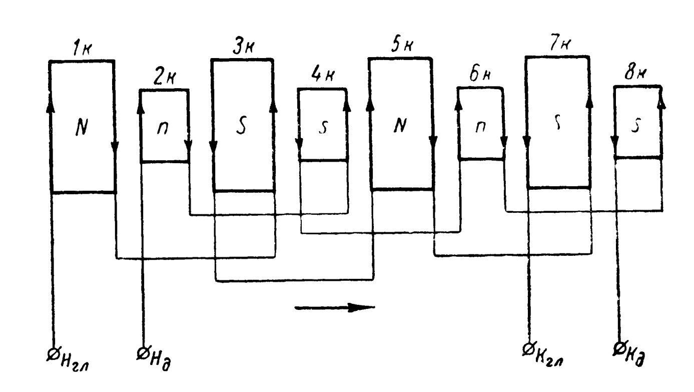
Пример 6. Составить схему комбинированной (лягушечьей) обмотки для $z=30$, $2p=6$, $S_n=2$ (фиг. 23).

Число коллекторных пластин

$$k = \frac{z \cdot S_n}{2} = \frac{30 \cdot 2}{2} = 30.$$

Шаги обмотки по коллектору при обозначениях согласно фиг. 14

$$y_{к.п} + y_{к.в} = \frac{k}{p} = \frac{30}{3} = 10,$$



Фиг. 28. Схема четырехполюсной обмотки возбуждения электродвигателя с дополнительными полюсами,

откуда

$$y_{к.п} = 1,\; y_{к.в} = 10 - 1 = 9.$$

Шаг обмотки по пазам

$$y_{п.п} = y_{п.в} = \frac{z}{2p} = \frac{30}{6} = 5.$$

Условия симметрии выполняются.

18. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ОБМОТОК ВОЗБУЖДЕНИЯ

Схемы обмоток возбуждения в отличие от схем обмоток якоря являются очень простыми. Особенно удобно изображать схему в развернутом виде на плоскости, где располагают катушки по порядку следования полярности. Затем указывают направление токов (согласно полярности) и делают соединения катушек по направлению токов.

Число катушек возбуждения равно числу полюсов.

Максимально возможное число параллельных ветвей равно числу катушек.

Пример 1. Составить схему четырехполюсной обмотки возбуждения с последовательным соединением катушек (фиг. 24).

Пример 2. Составить схему четырехполюсной обмотки возбуждения, соединив катушки полюсов в 2 параллельные группы (фиг. 25).

Пример 3. Составить схему четырехполюсной обмотки возбуждения, катушки которой между собой соединены в четыре параллельные группы (фиг. 26).

Пример 4. Составить схему обмотки возбуждения для четырехполюсной машины с дополнительными полюсами: а) для генератора (фиг. 27); б) для электродвигателя (фиг. 28) при одинаковом направлении вращения якоря.

ГЛАВА ВТОРАЯ

ПЕРЕСЧЕТ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН ПОСТОЯННОГО ТОКА

19. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ НАГРУЗКИ МАШИНЫ

На электроремонтных заводах или в мастерских нередко приходится изменять у электрических машин основные данные паспорта (напряжение, число оборотов).

При пересчетах машин необходимо учитывать ряд факторов. Например, переход машины на повышенное напряжение приводит к худшему коэффициенту заполнения паза и уменьшению мощности.

При пересчете на повышенное напряжение необходимо учитывать, чтобы среднее напряжение между двумя соседними пластинами коллектора не превосходило 21 *в*, иначе ухудшится коммутация и машина будет «искрить». При пересчете на пониженное напряжение надо проверить коллектор на нагрев.

Если машина, присланная в ремонт, не имеет паспорта и обмоточных данных или даже имеет паспорт, но без обмоточных данных, или, наконец, имеет обмоточные данные, но без паспорта, то в этих случаях требуется полный пересчет с целью определения обмоточных или номинальных данных машины.

При пересчетах машин постоянного тока, имеющих заводскую обмотку, на другие технические данные (например, с одного напряжения на другое или с одного числа оборотов на другое), магнитный поток должен остаться неизменным. При расчете следует подбирать поток таким, чтобы магнитная индукция в зубцах, спинке якоря или станины не была чрезмерной. Кроме того, для электродвигателей необходимо учитывать крутящий момент.

После перемотки машины постоянного тока необходимо проверить ее на:

1) прочность изоляции;
2) перегрев;
3) механическую прочность (особенно бандажи).

При пересчете на большее число оборотов увеличиваются механические напряжения в бандажах, коллекторе, обмоткодержателях, клиньях, так как эти детали подвергаются действию центробежных сил.

Перегрев обмотки должен остаться прежним, если потери в меди, пропорциональные I^2r, будут не больше, чем в машине до перемотки; поэтому сопротивление обмотки должно изменяться обратно пропорционально квадрату силы тока.

Что касается класса изоляции, то необходимо его выполнять согласно нормам ГОСТ 183-41.

Дадим определения основным электромагнитным нагрузкам (плотность тока, линейная нагрузка и магнитная индукция).

Плотностью тока называется отношение силы тока к площади поперечного сечения проводника (Δ *а/мм*^{2})

$$\Delta = \frac{I}{s_м},$$

где I — сила тока, *а*;

$s_м$ — площадь поперечного сечения проводника, *мм*^{2}.

Линейной нагрузкой называется число ампер-проводов обмотки якоря, приходящееся на погонный сантиметр длины наружной окружности якоря (AS *а/см*):

$$AS = \frac{i_a \cdot N}{\pi D_a},$$

где i_a — сила тока в параллельной цепи, *а* (для машин постоянного тока $i_a = \frac{I_a}{2a}$);

I_a — сила тока в якоре;

N — число эффективных проводов обмотки якоря

$$N = N_n \cdot z;$$

D_a — внешний диаметр якоря, *см*.

Магнитной индукцией или плотностью магнитного потока называется отношение магнит-

ного потока к площади поперечного сечения магнитопровода:

$$B = \frac{\Phi}{s} \text{ гс},$$

где Φ — магнитный поток, *мкс*;
s — площадь поперечного сечения магнитопровода, *см*^{2}.

Магнитным потоком называется число силовых линий, проходящих через площадь поперечного сечения магнитопровода.

Необходимо задаваться оптимальными электромагнитными нагрузками, чтобы был нормальный перегрев системы и мощность соответствовала паспортным данным. Нормальный перегрев в обмотках возбуждения и якоря, а также в активной стали по сравнению с температурой окружающей среды установлен ГОСТ 183-41.

В машинах постоянного тока, когда еще не знали о дополнительных полюсах, для получения хороших условий коммутации допускали малые линейные нагрузки в якоре и малые плотности тока в обмотке, но относительно большие магнитные насыщения и большую величину индукции в воздушном зазоре. Эти машины получались с большими габаритами и поэтому были тяжеловесными.

В настоящее время строят машины постоянного тока с большой линейной нагрузкой в якоре, высокой плотностью тока и с умеренной величиной магнитной индукции в воздушном зазоре, что создает экономию активного материала и компактность конструкции.

Выбрав или подсчитав линейную нагрузку и плотность тока в обмотке якоря, можно проверить двигатель на нагрев обмотки. Нагрев обмотки характеризуется произведением линейной нагрузки на плотность тока ($AS \cdot \Delta_a$), так как он прямо пропорционален плотности тока и линейной нагрузке.

Перегрев $\Delta t^\circ \equiv AS \cdot \Delta_a \leqslant 1\,000 \div 1\,800$.

Меньшие значения относятся к закрытым машинам, а большие к вентилируемым.

Рекомендуемые плотности тока в обмотках машин постоянного тока приведены в табл. 4, а линейные нагрузки якоря — в табл. 5.

Таблица 4

Допустимые плотности тока в обмотках машин постоянного тока при перегревах 65° С

Исполнение машины	В обмотке якоря, *а/мм*^{2}	В обмотке дополнительных полюсов, *а/мм*^{2}	В шунтовой обмотке возбуждения, *а/мм*^{2}
Машины мощностью до 200 *квт* при числе оборотов от 500 до 2 000 об/мин с вентилятором на валу	$3 \div 6$	$2 \div 4$	$1{,}8 \div 4$
Машины открытого типа без вентилятора на валу мощностью до 1 000 *квт* при числе оборотов от 200 до 1 000 об/мин	$3 \div 5$	$1{,}5 \div 3$	$1{,}8 \div 3$
Тихоходные машины открытого типа мощностью до 500 *квт* при числе оборотов до 200 об/мин	$3 \div 4{,}5$	$1{,}2 \div 2{,}5$	$1{,}2 \div 2{,}5$

Приведенные в таблице значения AS соответствуют окружным скоростям не ниже 15 *м/сек*, при более низких скоростях во избежание перегрева обмотки якоря необходимо выбирать значения AS меньшими.

Магнитная индукция в воздушном зазоре машин постоянного тока находится в пределах

$$B_l = 3\,500 \div 10\,000 \text{ гс}.$$

Допускаемая магнитная индукция в спинке якоря машин постоянного тока

$$B_a = 5\,000 \div 16\,000 \text{ гс} \quad \text{(табл. 9а)}.$$

Магнитная индукция в спинке станины $B_j = 5\,000 \div 15\,000$ *гс*, магнитная индукция в полюсе $B_m = 6\,000 \div 17\,000$ *гс* для машин без дополнительных полюсов. Для машин с дополнительными полюсами индукцию в спинке рекомендуется уменьшить на $10 \div 20\%$ во избежание чрезмерных насыщений.

Магнитная индукция в зубцах якоря

$$B_{z\,макс} = 19\,000 \div 23\,000 \text{ гс}.$$

Таблица 5

Допустимые линейные нагрузки и индукции в зазоре машин постоянного тока

D_a, *см*	6	8	10	15	20	30	50	60	80	100
AS, *а/см*	65	85	125	200	260	325	375	380	400	420
B_l, *гс*	3 500	3 800	4 300	5 200	6 300	7 700	9 000	9 400	9 800	10 000

При выборе магнитной индукции необходимо учитывать материал магнитопровода (табл. 6).

Таблица 6

Таблица допустимых индукций в сердечниках полюса и спинке станины

Материал	B_m, *гс*	B_j, *гс*
Электротехническая сталь	15 000 ÷ 17 000	12 000 ÷ 15 000
Стальное литье	15 000 ÷ 17 000	11 000 ÷ 14 000
Чугун	6 000 ÷ 8 000	5 000 ÷ 8 000

Необходимо также плотность тока в обмотках асинхронных двигателей и в обмотке якоря постоянного тока выбирать, исходя из величины силы тока (табл. 7), так как с увеличением сечения проводника ухудшаются условия охлаждения и возникают дополнительные потери в проводниках большого сечения.

Таблица 7

i_a, *а*	Асинхронные двигатели Δ, *а/мм²*	Машины постоянного тока Δ_a, *а/мм²*
3 ÷ 6	8 ÷ 6	6 ÷ 5
6 ÷ 15	6 ÷ 5,5	5 ÷ 4,5
15 ÷ 70	5,5 ÷ 5,0	4,5 ÷ 3,4
70 ÷ 180	5,0 ÷ 4,5	3,4 ÷ 3,0
180 ÷ 240	4,5 ÷ 4,0	3,0 ÷ 2,0

Где i_a — ток в параллельной ветви или параллельном проводе;
Δ — плотность тока в обмотках статора и ротора;
Δ_a — плотность тока в обмотке якоря.

Для уменьшения искрения на коллекторе требуется выполнение следующих условий:

1. Линейную нагрузку выбирать небольшой.

2. Плотностью тока под щетками задаваться в пределах допускаемых, исходя из марки щеток:

а) твердоугольные щетки $\Delta_щ \leqslant 5 \div 7$ *а/см²*;

б) графитовые $\Delta_щ = 9 \div 12$ *а/см²*;

в) электрографитовые $\Delta_щ \leqslant 8 \div 10$ *а/см²*;

г) медно-графитовые $\Delta_щ \leqslant 25 \div 30$ *а/см²*.

3. Число витков в секционной группе в пазу обмотки якоря выбирать небольшим.

4. Нельзя перематывать на повышенное число оборотов машину, склонную к искрению.

5. Среднее напряжение между соседними коллекторными пластинами следует допускать $U_{ср} = 11 \div 21$ *в* во избежание сильного искрения.

20. ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ СИЛА МАШИНЫ И МАГНИТНЫЙ ПОТОК

Для электрического расчета машин применим основную формулу, которая определяет связь между числом оборотов, напряжением или э. д. с., числом проводников обмотки якоря и магнитным потоком:

$$\Phi = \frac{E \cdot 60 \cdot a \cdot 10^8}{nNp},$$

где n — число оборотов якоря в минуту;
N — число проводников обмотки якоря;
p — число пар полюсов машины;
Φ — магнитный поток одного полюса, *мкс*;
a — число пар параллельных ветвей обмотки якоря;
E — э. д. с. машины при нагрузке, *в*;

$$E = U \pm I_a \cdot \Sigma r \pm \Delta E,$$

U — номинальное напряжение на зажимах машины, *в*;
I_a — ток в обмотке якоря, *а*;

$$I_a = I \pm I_ш,$$

где I — номинальная сила тока машины;
$I_ш$ — сила тока в шунте.

Знак + берется для генератора, знак — для двигателя.

Номинальный ток определится по формулам

$$I = \frac{P \cdot 1\,000}{U} \text{ — для генератора,}$$

где P — номинальная мощность, *квт*,

$$I = \frac{P \cdot 1\,000}{U \cdot \eta} \text{ — для двигателя,}$$

где η — к. п. д. двигателя выбирается по табл. 8.

Суммарное сопротивление в горячем состоянии найдем:

$$\Sigma r = r_a + r_c + r_д,$$

где r_a — сопротивление обмотки якоря, *ом*;
r_c — сопротивление сериес-обмотки, *ом*;
$r_д$ — сопротивление обмотки дополнительных полюсов, *ом*;
ΔE — падение напряжения на коллекторе, *в*.

Таблица 8

Коэффициент полезного действия нормальных машин постоянного тока в зависимости от номинальной мощности

Число оборотов в минуту, n / Номинальная мощность P, *квт*	η = к. п. д.			
	3 000	1 500	1 000 ÷ 600	125
1,0	0,77	0,725	0,72	—
1,5	0,78	0,75	0,735	—
2,0	0,795	0,755	0,745	0,75
3,0	0,81	0,773	0,76	0,755
4,0	0,82	0,779	0,77	0,76
5,0	0,825	0,805	0,8	0,77
7,0	0,835	0,82	0,81	0,8
10	0,85	0,83	0,825	0,81
15	0,86	0,845	0,835	0,825
20	0,87	0,855	0,85	0,835
30	0,88	0,87	0,865	0,845
50	—	0,88	0,875	0,86
70	—	0,89	0,887	0,87
100	—	0,895	0,89	0,88
150	—	0,905	0,90	0,89
200	—	0,91	0,905	0,894
300	—	—	0,91	0,902
500	—	—	0,92	0,91
700	—	—	0,924	0,916
1 000	—	—	0,93	0,923

21. ПЕРЕСЧЕТ ОБМОТКИ ЯКОРЯ НА ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

Из приведенной в § 20 формулы зависимости магнитного потока видно, что поток прямо пропорционален э. д. с. и обратно пропорционален числу проводников в обмотке якоря и числу оборотов.

При пересчете на другое напряжение необходимо оставить прежними мощность и магнитный поток, а число проводников якоря необходимо увеличить или уменьшить во столько раз, во сколько увеличивается или уменьшается э. д. с.

Итак, при выборе новой обмотки якоря основной формулой служит:

$$E=\frac{p}{a}\cdot\frac{n}{60}\cdot N\cdot\Phi\cdot10^{-8}\ \text{в}.$$

Обозначим данные обмотки до перемотки через

$$E_{ст},\ n_{ст},\ N_{ст},\ a_{ст},\ p_{ст},$$

а после перемотки соответственно

$$E_{нов},\ n_{нов},\ N_{нов},\ a_{нов},\ p_{нов}.$$

Подставим в основную формулу э. д. с.:

$$E_{ст}=\frac{p_{ст}n_{ст}}{60}\cdot\frac{N_{ст}}{a_{ст}}\cdot\Phi\cdot10^{-8},$$

$$E_{нов}=\frac{p_{нов}\cdot n_{нов}}{60}\cdot\frac{N_{нов}}{a_{нов}}\cdot\Phi\cdot10^{-8}.$$

Разделив $E_{нов}$ на $E_{ст}$ при сохранении числа полюсов $p_{нов}=p_{ст}$, получим

$$\frac{E_{нов}}{E_{ст}}=\frac{n_{нов}\cdot N_{нов}\cdot a_{ст}}{n_{ст}N_{ст}\cdot a_{нов}},$$

откуда получим окончательную формулу:

$$N_{нов}=N_{ст}\cdot\frac{E_{нов}\cdot n_{ст}\cdot a_{нов}}{E_{ст}\cdot n_{нов}\cdot a_{ст}}.$$

Эта формула является основной для определения числа проводников обмотки якоря при перемотке.

Если пересчет на другое напряжение делается при сохранении числа оборотов якоря, т. е. $n_{нов}=n_{ст}$, формула примет вид:

$$N_{нов}=N_{ст}\cdot\frac{E_{нов}\cdot a_{нов}}{E_{ст}\,a_{ст}}.$$

Если мы желаем сохранить число параллельных ветвей, то формула примет еще более простой вид:

$$N_{нов}=N_{ст}\cdot\frac{E_{нов}}{E_{ст}}$$

или

$$N_{нов}\approx N_{ст}\cdot\frac{U_{нов}}{U_{ст}}.$$

При изменении числа проводников обмотки якоря приходится считаться с тем, чтобы сохранить имеющийся коллектор с заданным числом коллекторных пластин. Поэтому при перемотке на другое напряжение число сторон секций в пазу сохраняется прежним, а изменяется число витков секции.

Зависимость между числом витков секции и числом эффективных проводников в пазу $N_п$ определяется следующей формулой:

$$N_п=W_п\cdot S_п,$$

где $S_п$ — число сторон секций обмотки в пазу;
$W_п$ — число витков в стороне секций.

В двухслойной обмотке в каждом пазу лежат две секции. На фиг. 29 дан разрез паза якоря со следующими обмоточными данными:

$$N_п=24;\ W_п=4,\ S_п=6.$$

Если требуется перемотать якорь с 220 *в* на 110 *в* той же обмоточной медью, то,

уменьшив вдвое число витков секции W_n и соединив по два проводника параллельно, мы тем самым вдвое уменьшим число эффективных проводников и вдвое увеличим сечение, сохранив число коллекторных пластин.

При замене старой обмотки, найдя эффективное число проводов в пазу якоря, необходимо подобрать поперечное сечение проводника, чтобы обмотка уместилась в пазу и не перегревалась от чрезмерной плотности тока. Так как мощность должна остаться постоянной, то с изменением напряжения, безусловно, сила тока в обмотке якоря получит другое значение:

$$I_{a.нов} = I_{a.ст} \cdot \frac{U_{ст}}{U_{нов}},$$

$$s_{м.\,нов} = s_{м.ст} \cdot \frac{N_{п.ст}}{N_{п.нов}},$$

где I_a — ток в обмотке якоря, *а*;
U — напряжение на зажимах машины, *в*;
$s_м$ — площадь поперечного сечения проводника обмотки якоря, *мм²*.

Пример 1. При неизменной мощности машины требуется пересчитать волновую обмотку якоря, имеющую число проводов в пазу якоря $N_п = 24$, диаметр провода $d = 1{,}56$ *мм* при токе якоря $I_a = 15{,}5$ *а*, с напряжения 115 *в* на напряжение 230 *в*, если нельзя χ пересоединить.

Находим ток в якоре при новом напряжении:

$$I_{a.\,нов} = I_{a.\,ст} \frac{U_{ст}}{U_{нов}} = 15{,}5 \cdot \frac{115}{230} = 7{,}75\ a;$$

число проводов в пазу

$$N_{п.\,нов} = N_{п.\,ст} \cdot \frac{U_{нов}}{U_{ст}} = 24 \cdot \frac{230}{115} = 48.$$

Поперечное сечение провода $s_{м.\,ст} = 0{,}785 \cdot d^2 = 0{,}785 \cdot 1{,}56^2 = 1{,}92$ *мм²*.

Поперечное сечение новой обмотки

$$s_{м.\,нов} = s_{м.\,ст} \cdot \frac{N_{п.\,ст}}{N_{п.\,нов}} = 1{,}92 \cdot \frac{24}{48} = 0{,}96\ мм^2,$$

что соответствует по стандарту на обмоточную медь ⌀ 1,08 *мм* (сечение 0,92 *мм²*).

Плотность тока в обмотке якоря

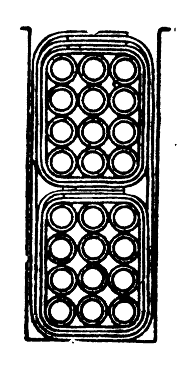
$$\Delta_a = \frac{I_a}{2a \cdot s_{м.\,нов}} = \frac{7{,}75}{2 \cdot 0{,}92} = 4{,}2\ a/мм^2,$$

$$а\ \Delta_{a.ст} = 4{,}04\ a/мм^2,$$

т. е. плотность тока примерно сохранилась.

Затем рекомендуется проверить напряжение между двумя соседними коллекторными пластинами. Если среднее напряжение после перемотки на большее напряжение оказалось в пределах 11 ÷ 21 *в*, то коллектор машины оставляем прежним

$$U_{ср} = \frac{U_{нов} \cdot 2p}{k} \leqslant 11 \div 21\ в.$$



Фиг. 29. Разрез паза якоря.

При перемотке якоря на низшее напряжение необходимо вследствие увеличения силы тока в обмотке якоря проверить плотность тока под щеткой. Если окажется, что плотность тока для данного сорта щеток чрезмерно высока, то следует увеличить площадь щеток.

Плотность тока под щеткой определится

$$\Delta_щ = \frac{I_щ}{n_щ \cdot s_щ},$$

где $\Delta_щ$ — плотность тока в контакте, *а/см²*;
$I_щ$ — ток в щеточном болте, *а*;
$n_щ$ — число щеток на щеточном болте;
$s_щ$ — сечение щетки, *см²*;
$b_щ$ — ширина щетки, *см*; выбирается в пределах от 2 до 3 коллекторных делений;
$l_щ$ — длина щетки, *см*.

Ток в щеточном болте

$$I_щ = \frac{2I_a}{2p} = \frac{I_a}{p}.$$

При перемотке желательно сохранить старое число параллельных ветвей, т. е. оставить прежний тип обмотки, так как не всегда возможно выполнить другую симметричную обмотку при том же числе пазов и коллекторных пластин. Изменить число параллельных ветвей выгодно в тех случаях, когда удается сделать пересоединение обмотки с волновой на петлевую или, наоборот, не перематывая якоря.

22. ПЕРЕСЧЕТ ОБМОТОК ПОЛЮСОВ НА ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

В машинах постоянного тока с самовозбуждением при изменении напряжения на якоре соответственно изменится и напряжение возбуждения.

Следовательно, если необходимо пересчитать машину на другое напряжение, а пересоединить обмотку возбуждения не удается, то эта обмотка должна быть перемотана по новым данным.

При пересчетах обмоток возбуждения на другое напряжение необходимо сохранить неизменный магнитный поток машины.

Для выяснения размеров катушки возбуждения надо знать суммарное число ампервитков машины (ΣAW), потребное для проведения магнитного потока возбуждения (Φ_m) через всю магнитную цепь. Может случиться, что выполненная машина не даст того напряжения, которое было предложено при расчете, а двигатель не разовьет требуемых оборотов. Например, в случае непредвиденного при расчете наличия внутри литой станины или полюсов раковин. Поэтому рекомендуется брать ампервитки обмотки возбуждения с запасом на $10 \div 20\%$.

а) Пересчет обмотки параллельного возбуждения (шунтовой)

Пересчет шунтовой обмотки на другое напряжение делается из условия постоянства ампервитков.

Пусть $W_ш$ — число витков шунтовой обмотки на полюс;
$s_ш$ — площадь поперечного сечения проводника обмотки, *мм²*;
$l_ш$ — средняя длина витка шунтовой обмотки, *м*;
$I_ш$ — ток в шунтовой обмотке, *а*:
$I_ш \cdot W_ш$ — ампервитки шунтовой обмотки;
$r_ш$ — сопротивление шунтовой обмотки в горячем состоянии;
U — напряжение на зажимах машины, *в*.

Сила тока в шунтовой обмотке

$$I_ш = \frac{U}{r_ш}.$$

Число витков на полюсе

$$W_ш = \frac{\Sigma AW}{2pI_ш}.$$

Сопротивление в горячем состоянии

$$r_ш = \frac{2p \cdot 1{,}26 \cdot W_ш \cdot l_ш}{57 \cdot s_ш}.$$

Средняя длина витка обмотки при пересчете на другое напряжение примерно остается постоянной, следовательно ампервитки шунтовой обмотки пропорциональны напряжению и площади поперечного сечения проводника. Произведение $U \cdot s_ш$ после перемотки должно быть таким, как до перемотки.

Обозначим:

$U_{ст}$, $s_{ш.ст}$, $W_{ш.ст}$ — до перемотки;

$U_{нов}$, $s_{ш.нов}$, $W_{ш.нов}$ — после перемотки.

Согласно условию

$$U_{ст} \cdot s_{ш.ст} = U_{нов} \cdot s_{ш.нов}$$

или

$$\frac{U_{ст}}{W_{ш.ст}} = \frac{U_{нов}}{W_{ш.нов}},$$

откуда

$$s_{ш.нов} = s_{ш.ст} \cdot \frac{U_{ст}}{U_{нов}},$$

$$W_{ш.нов} = W_{ш.ст} \cdot \frac{s_{ш.ст}}{s_{ш.нов}}$$

или

$$W_{ш.нов} = W_{ш.ст} \frac{U_{нов}}{U_{ст}}.$$

б) Пересчет обмотки последовательного возбуждения (сериесной)

Для этой обмотки при пересчете на другое напряжение необходимо сохранить число ампервитков прежним, так как магнитный поток машины должен сохраниться. Поэтому произведение силы тока на число витков должно быть величиной постоянной.

Обозначим W_c — число витков сериесной обмотки:
s_c — сечение проводников сериесной обмотки.

Тогда

$$I_{а.ст} \cdot W_{с.ст} = I_{а.нов} W_{с.нов}$$

или

$$W_{с.нов} = W_{с.ст} \cdot \frac{I_{а.ст}}{I_{а.нов}}.$$

Число витков на полюсе обмотки последовательного возбуждения определяется отношением суммарных ампервитков машины к току якоря

$$W_c = \frac{\Sigma AW}{2pI_a}.$$

Площадь поперечного сечения проводов изменяется обратно пропорционально числу витков.

Из постоянства объема обмотки на полюсе следует, что

$$W_{с.ст} \cdot s_{с.ст} = W_{с.нов} \cdot s_{с.нов},$$

откуда

$$s_{c.нов} = s_{c.ст} \cdot \frac{W_{c.ст}}{W_{c.нов}}.$$

При изменении числа витков в якоре прямо пропорционально меняется и число витков главных полюсов.

Пусть имеем на главном полюсе число витков W_c, по которым проходит ток якоря I_a, тогда число ампервитков главных полюсов найдется по формуле

$$\Sigma AW = AW_c = 2p \cdot W_c \cdot I_a.$$

Число витков обмотки якоря $W_a = \frac{N}{2}$, по которым проходит ток параллельной ветви $\frac{I_a}{2_a}$, тогда число ампервитков якоря

$$AW_a = \frac{N}{2} \cdot \frac{I_a}{2_a} = \frac{I_a \cdot N}{4_a}.$$

Возьмем отношение

$$\frac{AW_c}{AW_a} = \frac{2p \cdot W_c \cdot I_a}{\frac{I_a \cdot N}{4_a}} = \frac{8p \cdot aW_c}{N}.$$

Эта формула действительна при условии последовательного соединения главных полюсов между собой, а при соединении в параллель — ток в параллельной ветви обмотки главных полюсов выразится: $\frac{I_a}{a_c}$, где a_c — число параллельных ветвей обмотки главных полюсов, тогда

$$AW_c = 2p \cdot W_c \cdot \frac{I_a}{a_c},$$

откуда получаем отношение

$$\frac{AW_c}{AW_a} = \frac{8p \cdot aW_c}{N \cdot a_c}.$$

Обозначим данные машины до перемотки $N_{ст}$, $a_{ст}$, $W_{c.ст}$, $a_{c.ст}$, а после перемотки $N_{нов}$, $a_{нов}$, $W_{c.нов}$, $a_{c.нов}$, отсюда

$$\frac{AW_c}{AW_a} = \frac{8p \cdot a_{ст} \cdot W_{c.ст}}{N_{ст} \cdot a_{c.ст}} = \frac{8p \cdot a_{нов} \cdot W_{c.нов}}{N_{нов} \cdot a_{c.нов}}.$$

Следовательно, новое число витков главных полюсов сериесной обмотки

$$W_{c.нов} = W_{c.ст} \cdot \frac{N_{нов} \cdot a_{ст} \cdot a_{c.нов}}{N_{ст} \cdot a_{нов} \cdot a_{c.ст}}.$$

Новое сечение обмотки

$$s_{c.нов} = s_{c.ст} \cdot \frac{N_{ст} \cdot a_{нов} \cdot a_{c.ст}}{N_{нов} \cdot a_{ст} \cdot a_{c.нов}}.$$

в) Пересчет обмотки смешанного возбуждения (компаундной)

Поток в компаундной машине создается суммой ампервитков шунтовой и сериесной обмоток и остается постоянным даже при значительном изменении нагрузки.

Ампервитки сериесной обмотки, изменяющиеся при нагрузке, поддерживают постоянное напряжение на зажимах компаундной машины.

Итак,

$$AW_к = AW_ш + AW_c,$$

откуда

$$W_c = \frac{AW_к - AW_ш}{I_a},$$

где I_a — ток, протекающий по сериесной обмотке, *а*,

а

$$W_ш = \frac{AW_ш}{I_ш},$$

где

$$I_ш = \Delta_ш \cdot s_ш, \quad s_c = \frac{I_a}{\Delta_s} \text{ мм}^2;$$

$\Delta_ш$ и Δ_s — плотности токов в обмотках возбуждения, *а/мм²*.

При изменении напряжения число ампервитков компаундной обмотки должно быть постоянным, для чего пересчитываются на новые данные и шунтовая и сериесная обмотки.

Для шунтовой обмотки

$$W_{ш.нов} = W_{ш.ст} \cdot \frac{U_{нов}}{U_{ст}}$$

и

$$s_{ш.нов} = s_{ш.ст} \cdot \frac{W_{ш.ст}}{W_{ш.нов}}.$$

Для сериесной обмотки

$$W_{c.нов} = W_{c.ст} \cdot \frac{U_{нов}}{U_{ст}}$$

и

$$s_{c.нов} = s_{c.ст} \frac{I_{a.нов}}{I_{a.ст}}.$$

г) Пересчет обмотки дополнительных полюсов

Для компенсации реакции якоря обмотка дополнительных полюсов присоединяется к обмотке якоря последовательно, поэтому ток в ней должен протекать такой же, как и в якоре. Следовательно, при пересчете на другое напряжение необходимо исходить из отно-

шения ампервитков добавочных полюсов к ампервиткам якоря. Обычно это отношение находится в пределах от $1,15 \div 1,5$ и его необходимо стремиться сохранить, иначе изменится и способность компенсации реакции якоря.

При изменении числа витков в якоре прямо пропорционально меняется и число витков дополнительных полюсов.

Пусть имеем на дополнительном полюсе число витков $W_д$, по которым проходит ток якоря I_a, тогда число ампервитков дополнительных полюсов найдется по формуле

$$AW_д = 2p \cdot W_д \cdot I_a.$$

Число витков обмотки якоря

$$W_a = \frac{N}{2},$$

по которым проходит ток параллельной ветви $\frac{I_a}{2a}$, тогда число ампервитков якоря

$$AW_a = \frac{N}{2} \cdot \frac{I_a}{2a} = \frac{I_a N}{4a}.$$

Возьмем отношение

$$\frac{AW_д}{AW_a} = \frac{2p \cdot W_д I_a}{\frac{I_a \cdot N}{4a}} = \frac{8p \cdot aW_д}{N}.$$

Эта формула действительна при условии последовательного соединения дополнительных полюсов между собой, а при соединении в параллель — ток в параллельной ветви дополнительной обмотки выразится:

$$\frac{I_a}{a_д},$$

где $a_д$ — число параллельных ветвей обмотки дополнительных полюсов, тогда

$$AW_д = 2p \cdot W_д \cdot \frac{I_a}{a_д},$$

откуда получаем отношение

$$\frac{AW_д}{AW_a} = \frac{8pa \cdot W_д}{N \cdot a_д}.$$

Обозначим данные машины до перемотки $N_{ст}$, $a_{ст}$, $W_{д.ст}$ $a_{д.ст}$, а после перемотки $N_{нов}$, $a_{нов}$, $W_{д.нов}$, $a_{д.нов}$, отсюда

$$\frac{AW_д}{AW_a} = \frac{8p \cdot a_{ст} \cdot W_{д.ст}}{N_{ст} \cdot a_{д.ст}} = \frac{8p \cdot a_{нов} \cdot W_{д.нов}}{N_{нов} \cdot a_{д.нов}},$$

следовательно, новое число витков дополнительных полюсов

$$W_{д.нов} = W_{д.ст} \cdot \frac{N_{нов} \cdot a_{ст} \cdot a_{д.нов}}{N_{ст} \cdot a_{нов} \cdot a_{д.ст}}.$$

При подборе обмотки дополнительных полюсов, т. е. при определении числа витков на полюсе и поперечного сечения провода, можно пользоваться следующими формулами:

$$W_д = \frac{AW_д}{2p \cdot I_a} = \frac{0,6\tau AS}{I_a},$$

где τ — полюсное деление машины, *см*;

AS — линейная нагрузка якоря, *а/см*.

$$s_{д.нов} = s_{д.ст} \cdot \frac{W_{д.ст}}{W_{д.нов}}$$

или

$$s_{д.нов} = s_{д.ст} \cdot \frac{N_{ст} \cdot a_{нов} \cdot a_{д.ст}}{N_{нов} \cdot a_{ст} \cdot a_{д.нов}}.$$

Пример 2. При неизменной мощности $P = 3,7$ *квт*, $n = 1\,375$ об/мин и $I = 10,2$ *а* требуется пересчитать шунтовой двигатель постоянного тока тип Г-6 с напряжения 440 *в* на напряжение 110 *в*, если дано:

а) коллектор: $k = 111$;

б) якорь: $z = 28$; $N_n = 64$; ⌀ 0,9 ПЭБО в один провод; тип обмотки — простая волновая; размеры паза: $7,5 \times 21$ *мм²*;

в) главный полюс: $2p = 4$; число витков на полюс $W_ш = 3\,300$; ⌀ 0,74 ПБО в один провод; $a_ш = 1$;

г) дополнительный полюс; $2p_д = 2$; число витков на полюс $W_д = 152$; ⌀ 1,95 ПБД в 1 параллельный провод; $a_д = 1$.

При расчете находим следующие величины:

1. Коэффициент полезного действия двигателя.

$$\eta = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{3,7 \cdot 10^3}{440 \cdot 10,2} = 0,82.$$

2. Число сторон секций обмотки в пазу

$$S_n = \frac{2k}{z} = \frac{2 \cdot 111}{28} \approx 8.$$

3. Число витков в секции

$$W_n = \frac{N_n}{s_n} = \frac{64}{8} = 8.$$

4. Коэффициент заполнения паза при $U = 440$ *в*

$$k_n = \frac{N_n \cdot s_{м.из}}{b_n \cdot h_n} = \frac{64 \cdot 0,785 \cdot 1,06^2}{7,5 \cdot 21} = 0,36,$$

где

$$d_{из} = d + 0,16 = 0,9 + 0,16 = 1,06 \text{ мм}.$$

5. Номинальный ток двигателя при $U = 110$ *в*

$$I_{нов} = I_{ст} \cdot \frac{U_{ст}}{U_{нов}} = 10,2 \frac{440}{110} = 40,8 \text{ а}.$$

6. Число эффективных проводов в пазу новой обмотки. Тип обмотки оставляем прежним, так как другую осуществить нельзя

$$N_{п.\ нов}=N_{п.\ ст}\cdot\frac{U_{нов}}{U_{ст}}=64\frac{110}{440}=16.$$

7. Число витков в стороне секций новой обмотки

$$W_{п.\ нов}=\frac{N_{п.\ нов}}{S_п}=\frac{16}{8}=2.$$

8. Поперечное сечение провода новой обмотки якоря

$$s_{м.\ нов}=s_{м.\ ст}\cdot\frac{N_{п.\ ст}}{N_{п.\ нов}}=0{,}785\cdot0{,}9^2=\frac{64}{16}=2{,}55\ мм^2,$$

что соответствует по стандарту на обмоточную медь ⌀ 1,81 *мм* (сечение 2,56 *мм*²).

9. Шаги обмотки по пазам и по коллектору

$$y_п=\frac{z}{2p}=\frac{28}{4}=7\ (1-8).$$

Шаг обмотки по коллектору

$$y_к=\frac{k\pm1}{p}=\frac{111-1}{2}=55\ (1-56).$$

10. Плотность тока в обмотке якоря

$$\Delta a=\frac{I_{а.нов}}{2a\cdot s_{м.\ нов}}=\frac{40{,}8}{2\cdot2{,}56}\approx8\ а/мм^2,$$

где

$$I_{а.нов}\approx I_{нов}.$$

11. Коэффициент заполнения паза при $U=110$ *в*

$$k_{п.нов}=\frac{N_{п.нов}\cdot s_{м.\ из.\ нов}}{b_п h_п}=\frac{16\cdot0{,}785\cdot2{,}06^2}{7{,}5\cdot21}=0{,}34,$$

$$d_{из}=1{,}81+0{,}25=2{,}06\ мм.$$

12. Число витков на полюс новой обмотки дополнительных полюсов. Берем $a_{д.\ нов}=2$:

$$W_{д.\ нов}=W_{д.\ ст}\cdot\frac{N_{нов}\cdot a_{ст}\cdot a_{д.\ нов}}{N_{ст}\cdot a_{нов}\cdot a_{д.ст}}=$$

$$=152\cdot\frac{16\cdot1\cdot2}{64\cdot1\cdot1}=76.$$

13. Поперечное сечение новой обмотки дополнительных полюсов

$$s_{д.\ нов}=s_{д.\ ст}\cdot\frac{W_{д.\ ст}}{W_{д.\ нов}}=0{,}785\cdot1{,}95^2\cdot\frac{152}{76}=6\ мм^2,$$

что соответствует по стандарту на обмоточную медь ⌀ 2,83 ПБД (сечение 6,2 *мм*²).

14. Плотность тока в обмотках дополнительных полюсов

$$\Delta_д=\frac{I_а}{a_д\cdot s_д}\approx\frac{40{,}8}{2\cdot6{,}2}=3{,}3\ а/мм^2.$$

15. Число витков новой шунтовой обмотки. Так как шунтовую обмотку нельзя пересоединить из-за ее неисправности, то перематываем ее по новому расчету

$$W_{ш.\ нов}=W_{ш.\ ст}\cdot\frac{U_{нов}}{U_{ст}}=3\,300\cdot\frac{110}{440}=825,\quad a_{ш.\ нов}=1,$$

т. е. соединение катушек последовательное.

16. Поперечное сечение новой шунтовой обмотки

$$s_{ш.\ нов}=s_{ш.\ ст}\cdot\frac{U_{ст}}{U_{нов}}=0{,}785\cdot0{,}74^2\cdot\frac{440}{110}=1{,}72\ мм^2,$$

что соответствует по стандарту на обмоточную медь ⌀ 1,5 ПБО (сечение 1,76 *мм*²).

23. ПЕРЕСЧЕТ ОБМОТКИ ЯКОРЯ НА ДРУГОЕ ЧИСЛО ОБОРОТОВ

Магнитный поток машины обратно пропорционален числу оборотов машины и числу эффективных проводников, что создает в свою очередь обратную пропорциональность между числом оборотов и числом проводников, т. е. из формулы

$$\Phi=\frac{E\cdot60\cdot a\cdot10^8}{n\cdot N\cdot p},$$

число оборотов

$$n=\frac{E\cdot60\cdot a\cdot10^8}{\Phi\cdot N\cdot p},$$

откуда

$$n\equiv\frac{1}{N}.$$

При пересчете машин постоянного тока на другое число оборотов поток машины должен остаться неизменным при сохранении напряжения на зажимах. Но с изменением числа оборотов изменится и мощность машины примерно пропорционально числу оборотов. Если нужно увеличить число оборотов в два раза, то и мощность следует увеличить примерно в два раза.

Исходя из этого положения, мощность найдется по формуле

$$P_{нов}\approx P_{ст}\cdot\frac{n_{нов}}{n_{ст}}.$$

Число проводников в пазу

$$N_{п.нов}=N_{п.ст}\cdot\frac{n_{ст}}{n_{нов}},$$

так как произведение $n\cdot N$ является величиной постоянной.

Число витков в секционной стороне

$$W_{п.нов}=W_{п.ст}\cdot\frac{n_{ст}}{n_{нов}}=W_{п.ст}\cdot\frac{N_{п.нов}}{N_{п.ст}}.$$

Площадь поперечного сечения проводника обмотки

$$s_{м.нов} = s_{м.ст} \cdot \frac{n_{нов}}{n_{ст}} = s_{м.ст} \cdot \frac{N_{п.ст}}{N_{п.нов}}.$$

Если машина перематывается на большее число оборотов, то непременно следует рассчитать бандаж якоря (см. расчет бандажа), а также — окружные скорости якоря и коллектора. Кроме того, необходимо проверить коллектор на нагрев и подшипники на удельное давление.

При уменьшении числа оборотов необходимо учесть, что вентиляция машины ухудшается. Поэтому плотность тока в обмотке якоря следует принимать меньшую. Для уменьшения перегрева мощность следует снизить на величину большую, чем вытекает из условия пропорциональности между числом оборотов и мощностью.

24. ПЕРЕСЧЕТ ОБМОТОК ПОЛЮСОВ НА ДРУГОЕ ЧИСЛО ОБОРОТОВ

Изменив обмоточные данные якоря при переходе на другое число оборотов, необходимо пересчитать обмотки полюсов, так как с изменением мощности сила тока в якоре будет другой. Пересчет будет касаться в первую очередь тех обмоток полюсов, которые соединены последовательно с обмоткой якоря (дополнительная и сериесная). Однако, в некоторых случаях приходится изменить и шунтовую обмотку.

а) Пересчет шунтовой обмотки возбуждения

Шунтовая обмотка возбуждения, как параллельно соединенная с обмоткой якоря, работает под полным напряжением якоря, которое остается постоянным при пересчете на другое число оборотов, поэтому ампервитки шунтовой обмотки, а также омическое сопротивление остаются неизменными. Отсюда следует, что полюсные катушки параллельного соединения не перематываются при изменении числа оборотов якоря.

Однако, если при пересчете на другое число оборотов мы вынуждены изменить магнитный поток в ту или иную сторону (но не более чем на $3 \div 5\%$), то соответственно следует изменить число витков и сечение провода шунтовой обмотки.

При увеличении потока необходимо увеличить ампервитки возбуждения, а для этого надо увеличить площадь поперечного сечения обмотки.

Увеличение сечения обмотки влечет за собой уменьшение сопротивления и увеличение тока возбуждения, в результате чего поток возрастает.

Вследствие насыщения магнитной цепи процесс увеличения магнитного потока происходит медленнее изменения ампервитков. Можно принять примерно, что увеличение ампервитков пропорционально квадрату увеличения магнитного потока.

Если, например магнитный поток надо увеличить в $1{,}03 \div 1{,}05$ раза, то ампервитки должны быть увеличены в $(1{,}03)^2 \div (1{,}05)^2$, т. е. в $1{,}06 \div 1{,}1$ раза или на $6 \div 10\%$.

При увеличении магнитного потока на $3 \div 5\%$

$$AW_{ш.нов} = [(1{,}03)^2 \div (1{,}05)^2] \cdot AW_{ш.ст} = (1{,}06 \div 1{,}1) \cdot AW_{ш.ст};$$

$$W_{ш.нов} = \frac{W_{ш.ст}}{[(1{,}03)^2 \div (1{,}05)^2]} = \frac{W_{ш.ст}}{(1{,}06 \div 1{,}1)};$$

$$s_{ш.нов} = [(1{,}03)^2 \div (1{,}05)^2] \cdot s_{ш.ст} = (1{,}06 \div 1{,}1)\, s_{ш.ст};$$

$$I_{ш.нов} = [(1{,}03)^4 \div (1{,}05)^4] \cdot I_{ш.ст} = (1{,}12 \div 1{,}21)\, I_{ш.ст}.$$

Вышеуказанные уравнения можно вывести следующим путем:

$$r_{ш.ст} = \frac{k_t \cdot 2p \cdot W_{ш.ст} \cdot l_ш}{5\,700 \cdot s_{ш.ст}}$$

и

$$r_{ш.нов} = \frac{k_t \cdot 2p \cdot W_{ш.нов} \cdot l_ш}{5\,700 \cdot s_{ш.нов}},$$

где k_t — температурный коэффициент сопротивления;

$l_ш$ — средняя длина витка, *см*.

Возьмем отношение левых и правых частей уравнений:

$$\frac{r_{ш.нов}}{r_{ш.ст}} = \frac{k_t \cdot 2p \cdot W_{ш.нов} \cdot l_ш \cdot 5\,700 \cdot s_{ш.ст}}{5\,700 s_{ш.нов} \cdot k_t \cdot 2p \cdot W_{ш.ст} \cdot l_ш} = \frac{W_{ш.нов} \cdot s_{ш.ст}}{W_{ш.ст} \cdot s_{ш.нов}},$$

откуда $$r_{ш.нов} = r_{ш.ст} \cdot \frac{W_{ш.нов} \cdot s_{ш.ст}}{W_{ш.ст} \cdot s_{ш.нов}} =$$

$$= r_{ш.ст} \cdot \frac{W_{ш.ст} \cdot s_{ш.ст}}{(1{,}06 \div 1{,}1) W_{ш.ст} \cdot (1{,}06 \div 1{,}1)\, s_{ш.ст}} = \frac{r_{ш.ст}}{(1{,}12 \div 1{,}21)};$$

$$I_{ш.ст} = \frac{U_ш}{r_{ш.ст}} \text{ и } I_{ш.нов} = \frac{U_ш}{r_{ш.нов}} = \frac{U_ш (1{,}12 \div 1{,}21)}{r_{ш.ст}};$$

вместо $\frac{U_ш}{r_{ш.ст}}$ подставив $I_{ш.ст}$, получим:

$$AW_{ш.нов} = I_{ш.нов} \cdot W_{ш.нов} = (1{,}12 \div 1{,}21) \cdot I_{ш.ст} \times \frac{W_{ш.ст}}{1{,}06 \div 1{,}1} = (1{,}06 \div 1{,}1)\, AW_{ш.ст}.$$

При уменьшении магнитного потока на $3 \div 5\%$

$$A \cdot W_{ш.нов} = \frac{AW_{ш.ст}}{[(1{,}03)^2 \div (1{,}05)^2]} = \frac{AW_{ш.ст}}{(1{,}06 \div 1{,}1)};$$

$$W_{ш.нов} = (1{,}06 \div 1{,}1) \cdot W_{ш.ст};$$

$$s_{ш.нов} = \frac{s_{ш.ст}}{(1{,}06 \div 1{,}1)};$$

$$I_{ш.нов} = \frac{I_{ш.ст}}{(1{,}12 \div 1{,}21)}.$$

б) Пересчет обмотки последовательного возбуждения (сериесной)

Пересчет сериесной обмотки, последовательно соединенной с обмоткой якоря, можно производить по следующим формулам:

$$W_{с.нов} = W_{с.ст} \cdot \frac{N_{нов} \cdot a_{ст} \cdot a_{с.нов}}{N_{ст} \cdot a_{нов} \cdot a_{с.ст}},$$

площадь поперечного сечения проводника

$$s_{с.нов} = s_{с.ст} \cdot \frac{W_{с.ст}}{W_{с.нов}}$$

или, что то же,

$$W_{с.нов} = W_{с.ст} \cdot \frac{n_{ст} \cdot a_{с.нов}}{n_{нов} \cdot a_{с.ст}},$$

$$s_{с.нов} = s_{с.ст} \cdot \frac{n_{нов} \cdot a_{с.ст}}{n_{ст} \cdot a_{с.нов}}.$$

в) Пересчет обмотки смешанного возбуждения (компаундной)

Так как компаундная обмотка состоит из сериесной и шунтовой, то при пересчете на другое число оборотов ампервитки обеих обмоток необходимо сохранить.

При этом шунтовая обмотка возбуждения не изменяется, а число витков сериесной обмотки изменяется обратно пропорционально числам оборотов машины, а сечение провода прямо пропорционально числу оборотов.

г) Пересчет обмотки дополнительных полюсов

Так как дополнительная обмотка присоединена последовательно к обмотке якоря и с изменением числа оборотов новая полученная мощность вызовет изменение тока, то необходимо изменить данные обмотки.

Пусть до перемотки

$$W_{д.ст},\ s_{д.ст},\ n_{ст},\ a_{д.ст},$$

а после перемотки

$$W_{д.нов},\ s_{д.нов},\ n_{нов},\ a_{д.нов},$$

новое число витков дополнительного полюса найдется по формуле

$$W_{д.нов} = W_{д.ст} \cdot \frac{n_{ст} \cdot a_{д.нов}}{n_{нов} \cdot a_{д.ст}}$$

или

$$W_{д.нов} = W_{д.ст} \cdot \frac{N_{нов} \cdot a_{ст} \cdot a_{д.нов}}{N_{ст} \cdot a_{нов} \cdot a_{д.ст}}.$$

Объем, занимаемый витками, должен остаться прежним, поэтому следует выдержать следующее соотношение:

$$s_{д.нов} \cdot W_{д.нов} = s_{д.ст} \cdot W_{д.ст},$$

откуда определяем площадь поперечного сечения

$$s_{д.нов} = s_{д.ст} \cdot \frac{W_{д.ст}}{W_{д.нов}}$$

или

$$s_{д.нов} = s_{д.ст} \cdot \frac{n_{нов} \cdot a_{д.ст}}{n_{ст} \cdot a_{д.нов}}$$

и $$s_{д.нов} = s_{д.ст} \cdot \frac{N_{ст} \cdot a_{нов} \cdot a_{д.ст}}{N_{нов} \cdot a_{ст} \cdot a_{д.нов}}.$$

Пример 1. Дана шунтовая машина без дополнительных полюсов, мощность которой $P = 5$ *квт*, напряжение $U = 230$ *в*, число оборотов $n = 1\,500$, число проводов в пазу якоря $N_п = 24$, $W_a = 4$, диаметр проводника обмотки 1,56 *мм*. Тип обмотки — простая волновая. Требуется перемотать якорь на 1 200 об/мин.

Мощность машины определится:

$$P_{нов} \approx P_{ст} \cdot \frac{n_{нов}}{n_{ст}} = 5 \cdot \frac{1\,200}{1\,500} = 4 \text{ квт}.$$

Число проводов в пазу

$$N_{п.\,нов} = N_{п.\,ст} \cdot \frac{n_{ст}}{n_{нов}} = 24 \cdot \frac{1\,500}{1\,200} = 30.$$

Число витков в секционной группе

$$W_{а.нов} = W_{а.ст} \cdot \frac{n_{ст}}{n_{нов}} = 4 \cdot \frac{1\,500}{1\,200} = 5.$$

Площадь поперечного сечения обмотки

$$s_{м.\,нов} = s_{м.\,ст} \cdot \frac{n_{нов}}{n_{ст}} = 1{,}92 \cdot \frac{1\,200}{1\,500} = 1{,}54 \text{ мм}^2,$$

что точно соответствует ⌀ 1,4 по ГОСТ, а

$$s_{м.\,ст} = 0{,}785 \cdot d_{ст}^2 = 0{,}785 \cdot 2{,}44 = 1{,}92 \text{ мм}^2.$$

Пример 2. При неизменном напряжении $U = 440$ *в* требуется пересчитать компаундный двигатель постоянного тока (тип HN — 30) мощностью $P = 1{,}5$ *квт*, $I = 4{,}1$ *а* с 1 300 об/мин на 1 540 об/мин, если дано:

а) Коллектор:

$$k = 54;\ D_к = 85 \text{ мм}.$$

б) Якорь:

$D_a = 125$ *мм*; $z = 18$; $N_n = 156$; ⌀ 0,8 ПЭБО в один параллельный провод.

Тип обмотки — простая петлевая.

Размеры паза: $\frac{13{,}5}{8} \times 25$.

в) Главный полюс:

$2p = 2$; число витков на полюс шунтовой обмотки $W_ш = 6350$; ⌀ 0,3 ПБО в один провод; $a_ш = 1$, $I_{ш.\,гор} = 0{,}2$ *а*. Число витков на полюс сериесной обмотки $W_c = 34$; ⌀ 1,2 ПБО в один провод; $a_c = 1$.

г) Дополнительный полюс:

$2p_д = 1$; число витков на полюс $W_д = 456$; ⌀ 1,25 ПБД в один провод: $a_д = 1$.

При расчете находим следующие величины:

1. Коэффициент полезного действия двигателя при $n = 1\,300$ об/мин

$$\eta = \frac{P}{U \cdot I} = \frac{1{,}5 \cdot 10^3}{440 \cdot 4{,}1} = 0{,}83.$$

2. Число сторон секций обмотки в пазу

$$S_n = \frac{2k}{z} = \frac{2 \cdot 54}{18} = 6.$$

3. Число витков в стороне секций

$$W_n = \frac{N_n}{S_n} = \frac{156}{6} = 26.$$

4. Коэффициент заполнения паза при $n = 1\,300$ об/мин

$$k_n = \frac{N_n \cdot s_{м.\,из}}{b_{n.ep} \cdot h_n} = \frac{156 \cdot 0{,}785 \cdot 0{,}96^2}{10{,}7 \cdot 25} = 0{,}42,$$

где

$$b_{n.ep} = \frac{13{,}5 + 8}{2} = 10{,}7 \text{ мм},$$

$$d_{n.cp} = d + 0{,}16 = 0{,}8 + 0{,}16 = 0{,}96 \text{ мм}.$$

5. Мощность двигателя при $n = 1\,540$ об/мин

$$P_{нов} \approx P_{ст} \cdot \frac{n_{нов}}{n_{ст}} = 1{,}5 \cdot \frac{1\,540}{1\,300} = 1{,}78 \text{ квт}.$$

6. Номинальный ток двигателя при $n = 1\,540$ об/мин

$$I_{нов} \approx I_{ст} \cdot \frac{n_{нов}}{n_{ст}} = 4{,}1 \cdot \frac{1\,540}{1\,300} = 4{,}86 \text{ а}.$$

7. Число эффективных проводов в пазу новой обмотки

$$N_{n.\,нов} = N_{n.\,ст} \cdot \frac{n_{ст}}{n_{нов}} = 156 \cdot \frac{1\,300}{1\,540} = 132.$$

8. Число витков в стороне секций новой обмотки

$$W_{n.\,нов} = \frac{N_{n.\,нов}}{s_n} = \frac{132}{6} = 22.$$

9. Поперечное сечение новой обмотки якоря

$$s_{м.\,нов} = s_{м.\,ст} \cdot \frac{N_{n.\,ст}}{N_{n.\,нов}} = 0{,}785 \cdot 0{,}8^2 \cdot \frac{156}{132} = 0{,}595 \text{ мм}^2,$$

что соответствует по стандарту на обмоточную медь ⌀ 0,86 ПЭБО (сечение 0,58 *мм*²).

10. Шаги обмотки по пазам и по коллектору:

Шаг обмотки по пазам

$$y_n = \frac{z}{2p} = \frac{18}{2} = 9\ (1 - 10).$$

Шаг обмотки по коллектору

$$y_к = +1\ (1 - 2).$$

11. Плотность тока в обмотке якоря

$$\Delta_a = \frac{I_{a.\,нов}}{2a \cdot s_{м.\,нов}} = \frac{4{,}86}{2 \cdot 0{,}58} = 4{,}2 \text{ а/мм}^2,$$

где

$$I_{a\ нов} \approx I_{нов}.$$

12. Коэффициент заполнения паза при $n = 1\,540$ об/мин

$$k_{n.\,нов} = \frac{N_{n.\,нов} \cdot s_{м.\,из.\,нов}}{b_{n.cp} \cdot h_n} = \frac{132 \cdot 0{,}785 \cdot 1{,}02^2}{10{,}7 \cdot 25} = 0{,}405,$$

где

$$d_{из} = d + 0{,}16 = 0{,}86 + 0{,}16 = 1{,}02 \text{ мм}.$$

13. Окружные скорости якоря и коллектора

$$v_a = \frac{\pi D_a \cdot n}{60 \cdot 1\,000} = \frac{3{,}14 \cdot 125 \cdot 1\,540}{60 \cdot 1\,000} = 10 \text{ м/сек},$$

$$v_к = \frac{\pi D_к \cdot n}{60 \cdot 1\,000} = \frac{3{,}14 \cdot 85 \cdot 1\,540}{60 \cdot 1\,000} = 7 \text{ м/сек},$$

что вполне допустимо.

14. Число витков на полюс новой обмотки дополнительных полюсов

$$W_{д.нов} = W_{д.ст} \cdot \frac{n_{ст} \cdot a_{д.нов}}{n_{нов} \cdot a_{д.ст}} = 456 \cdot \frac{1\,300 \cdot 1}{1\,540 \cdot 1} = 386.$$

15. Поперечное сечение новой обмотки дополнительных полюсов

$$s_{д.нов} = s_{д.ст} \cdot \frac{W_{д.ст}}{W_{д.нов}} = 0{,}785 \cdot 1{,}25^2 \cdot \frac{456}{386} = 1{,}44 \text{ мм}^2,$$

что соответствует по стандарту на обмоточную медь ⌀1,35 ПБО (сечение 1,43 $мм^2$).

16. Плотность тока в обмотке дополнительных полюсов

$$\Delta_д = \frac{I_a}{a_д \cdot s_д} = \frac{4{,}66}{1 \cdot 1{,}43} = 3{,}27 \text{ а/мм}^2,$$

где $I_a = I - I_ш = 4{,}86 - 0{,}2 = 4{,}66$ *а*.

17. Число ампервитков компаундной обмотки

$$AW_к = AW_{ш.ст} + AW_{с.ст} = I_{ш.ст} \cdot W_{ш.ст} + I_{a.ст} \cdot W_{с.ст} = 0{,}2 \cdot 6\,350 + (4{,}1 - 0{,}2) \cdot 34 = 1\,270 + 133 = 1\,403.$$

18. Число витков новой шунтовой обмотки. Так как при пересчете обмотки якоря на другое число оборотов магнитный поток не изменился, то шунтовую обмотку оставляем без изменения: $W_ш = 6\,350$; ⌀0,3 ПБО в один провод; $a_ш = 1$.

19. Число витков новой сериесной обмотки

$$W_{с.нов} = \frac{AW_к - AW_ш}{I_{a.нов}} = \frac{1\,403 - 1\,270}{4{,}66} = 29,$$

где $AW_{ш.ст} = 0{,}2 \cdot 6\,350 = 1\,270$,

$$AW_к = AW_{к.ст} = 1\,403.$$

20. Поперечное сечение новой сериесной обмотки

$$s_{с.нов} = s_{с.ст} \cdot \frac{W_{с.ст}}{W_{с.нов}} = 0{,}785 \cdot 1{,}2^2 \cdot \frac{34}{29} = 1{,}33 \text{ мм}^2,$$

что соответствует по стандарту на обмоточную медь ⌀1,3 *мм* (сечение 1,32 $мм^2$).

25. ПЕРЕСЧЕТ МАШИНЫ НА ДРУГОЙ РЕЖИМ РАБОТЫ

Согласно принципу обратимости, открытому в 1833 г. русским академиком Э. Х. Ленцем, электрическую машину постоянного тока можно использовать и в качестве генератора и в качестве двигателя. Переход на другой режим работы повлечет за собой изменение числа оборотов и соответственно мощности машины.

Известно, что э. д. с., индуктированная (наведенная) в обмотке якоря генератора, больше, чем напряжение генератора на зажимах на величину падений напряжения в обмотках якоря, сериесной, дополнительной и на коллекторе. Электродвижущая сила, индуктированная в обмотке якоря двигателя, наоборот, меньше напряжения на зажимах на величину падений напряжения в обмотках и на коллекторе.

Отсюда

$$E_г = U_г + \Delta U_г,$$
$$E_{дв} = U_{дв} - \Delta U_{дв},$$

где $\Delta U_г$ и $\Delta U_{дв}$ — падения напряжений в обмотках и на коллекторе генератора и двигателя;

$$\Delta U_г \cong \Delta U_{дв} = \Delta U.$$

Значения $\Delta U\%$ можно брать по табл. 9.

Так как при пересчетах на другое напряжение и на другое число оборотов машин постоянного тока основным принципом ставится неизменный магнитный поток машины, то при переходе с одного режима на другой, безусловно, изменяется число оборотов.

При переходе от режима двигателя к режиму генератора следует увеличить число оборотов в отношении э. д. с. генератора к э. д. с. двигателя. Соотношения э. д. с. и чисел оборотов следующие:

$$\frac{n_г}{n_{дв}} = \frac{E_г}{E_{дв}} \approx \frac{U_г + \Delta U}{U_{дв} - \Delta U}.$$

Обычно напряжение на зажимах генератора берется больше напряжения на зажимах двигателя, поэтому с целью сохранения магнитного потока машины следует увеличить число оборотов на 5÷10%, поэтому окончательный вид формулы будет:

$$n_г = (1{,}05 \div 1{,}1) \cdot n_{дв} \cdot \left(\frac{U_г + \Delta U}{U_{дв} - \Delta U}\right)$$

или приближенно $n_г \approx (1{,}25 \div 1{,}4) \cdot n_{дв}$.

Разница в числах оборотов двигателя и генератора примерно колеблется в пределах 25÷40%, причем число оборотов генератора всегда выше числа оборотов двигателя при том же напряжении на зажимах. Больший предел относится к машинам тихоходным и малой мощности. Безусловно, мощность машины при работе ее генератором увеличится, а нагрев, лимитирующий мощность машины, не должен быть больше нагрева двигателя, а лучше несколько меньше.

Сила тока в обмотке якоря в случае генераторного режима равна сумме сил токов внешней цепи и обмотки шунтового возбуждения

$$I_{аг} = I_н + I_ш.$$

Сила тока в обмотке якоря в случае двигательного режима определится как разность токов

$$I_{адв} = I_н - I_ш.$$

Для сохранения нагрева машины необходимо, чтобы $I_{аг} = I_{адв}$, тогда при генераторном режиме номинальный ток машины

$$I_г = I_{аг} - I_ш = (I_н - I_ш) - I_ш = I_н - 2I_ш,$$

т. е.

$$I_г = I_н - 2I_ш.$$

Полезная мощность генератора

$$P_г = U_г \cdot I_г = U_г (I_н - 2I_ш).$$

Ввиду незначительной величины тока возбуждения машины по сравнению с током внешней сети или номинальным $I_н$ им можно пренебречь и получим приближенное значение мощности генератора

$$P_г \approx U_г \cdot I_н.$$

Соотношение мощности генератора к мощности двигателя

$$P_г \approx P_{дв} \cdot \frac{n_г}{n_{дв}}.$$

Пример 1. Шунтовой двигатель мощностью $P = 7{,}5$ *квт*, с числом оборотов $n = 1\,500$ об/мин, напряжением на зажимах $U = 220$ *в* и падением напряжения $\Delta U = 12$ *в* необходимо использовать как генератор постоянного тока. Определить число оборотов и мощность генератора.

Число оборотов генератора

$$n_г \approx 1{,}1 \cdot n_{дв} \cdot \frac{U_г + \Delta U}{U_{дв} - \Delta U} = 1{,}1 \cdot 1\,500 \cdot \frac{230 + 12}{220 - 12} =$$

$$= 1{,}1 \cdot 1\,500 \cdot \frac{242}{208} = 1\,920 \text{ об/мин.}$$

Мощность генератора

$$P_г \approx P_{дв} \cdot \frac{n_г}{n_{дв}} = 7{,}5 \cdot \frac{1\,920}{1\,500} = 9{,}6 \text{ квт};$$

номинальный ток

$$I_н = \frac{P_г}{U_г} = \frac{9{,}6 \cdot 10^3}{230} = 41{,}7 \text{ а.}$$

Пример 2. Шунтовой генератор мощностью $P = 15$ *квт*, напряжением на зажимах 115 *в*, падением напряжения 5 *в* и числом оборотов $n = 700$ необходимо использовать в качестве двигателя. Определить число оборотов и мощность двигателя?

Число оборотов двигателя

$$n_{дв} \approx \frac{n_г \cdot (U_{дв} - \Delta U)}{1{,}1 \cdot (U_г + \Delta U)} = \frac{700 \cdot (110 - 5)}{1{,}1(115 + 5)} =$$

$$= \frac{700 \cdot 105}{1{,}1 \cdot 120} = 560 \text{ об/мин.}$$

Мощность двигателя

$$P_{дв} \approx P_г \cdot \frac{n_{дв}}{n_г} = \frac{15 \cdot 560}{700} = 12 \text{ квт.}$$

26. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАСПОРТА МАШИНЫ, НЕ ИМЕЮЩЕЙ ОБМОТОК И ПАСПОРТНОЙ ТАБЛИЧКИ

Если удастся по внешнему и внутреннему осмотру определить завод-изготовитель (или фирму) и тип машины постоянного тока, то по длине активной стали, числу пазов в якоре, числу коллекторных пластин и наружному диаметру якоря (l_a, z, k, D_a) можно, пользуясь таблицами данной книги, найти обмоточные данные и соответствующий паспорт.

При отсутствии машины в таблицах обмоточных данных необходимо по типу, ближайшей мощности, числу оборотов, размерам активной стали и других, ориентируясь по электромагнитным нагрузкам (B_l и Δ), подобрать обмотку путем небольшого пересчета.

До этого, безусловно, нужно сделать подробные замеры машины.

Не зная ни типа машины, ни завода-изготовителя, следует итти по пути приближенного расчета, задаваясь для данной машины допустимыми плотностями токов и максимальной индукцией в воздушном зазоре.

Для безыскровой коммутации, компенсации влияния реакции якоря и получения паспортных данных машины должно быть точное совпадение суммарных ампервитков с ампервитками возбуждения главных полюсов—определенное число ампервитков добавочных полюсов.

Приближенный расчет машины постоянного тока:

1. Данные для поверочного расчета:

а) номинальное напряжение U *в*;

б) номинальное число оборотов n об/мин;

в) система возбуждения (шунтовая, сериесная, компаундная);

г) режим работы (генератор, двигатель);

д) число пазов якоря z;

е) длина якоря и коллектора l_a и $l_к$ *мм*;

ж) внешний диаметр якоря и коллектора D_a и $D_к$ *мм*;

з) число коллекторных пластин k;

и) число главных и дополнительных полюсов $2p$ и $2p_д$;

к) размеры паза $b_{п.\,ср} \cdot h_п$ *мм*²;

л) размеры зубца $b_{z.\,мин}$ и $b_{z.\,макс}$ *мм*;

м) высота спинки якоря h_a *мм*;

н) высота спинки станины (материал) h_j *мм* и длина станины l_j *мм*;

о) размеры главного полюса l_m *мм*; b_m *мм*; h_m *мм*; длина дуги b_i *мм* (материал);

п) размеры дополнительного полюса: $l_д$ *мм*; $h_д$ *мм*; $l_{д.\,макс}$ *мм*;

р) минимальный воздушный зазор между главным полюсом и якорем δ *мм* (фиг. 30а).

2. Зубцовое деление якоря по коронкам зубцов $t = \frac{\pi \cdot D_a}{z}$ *см.*

3. Полюсное деление

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_a}{2p} \text{ см.}$$

4. Сечение в воздушном зазоре

$$s_l = a_i \cdot l_i \tau,$$

где s_l — сечение в воздушном зазоре, *см*²;

a_i — коэффициент магнитного перекрытия или коэффициент идеальной полюсной дуги:

$$a_i = \frac{B_{lcp}}{B_l}, \text{ (фиг. 30б);}$$

$a_i = 0{,}65 \div 0{,}75$ в машинах без дополнительных полюсов;

$a_i = 0{,}5 \div 0{,}72$ для машин, имеющих дополнительные полюсы;

l_i — идеальная длина, *см*, $l_i = \frac{l_m + \frac{l_a + l}{2}}{2}$;

l_a — длина активной стали с каналами;

l — длина активной стали без каналов.

$$l_a = l + n_s \cdot b_s,$$

где n_s — число каналов;

b_s — ширина вентиляционного канала, *см.*

5. Максимальная магнитная индукция B_e в воздушном зазоре.

Выбираем B_e по табл. 5.

6. Магнитный поток машины при нагрузке

$$\Phi_н = B_e \cdot s_e \text{ мкс.}$$

7. Тип обмотки якоря.

8. Число эффективных проводов в пазу якоря

$$N_n = \frac{E \cdot 60 \cdot a \cdot 10^8}{n \cdot z \cdot p \cdot \Phi_н} = \text{целое число,}$$

где $E = U + \Delta U$ для генератора, *в*;

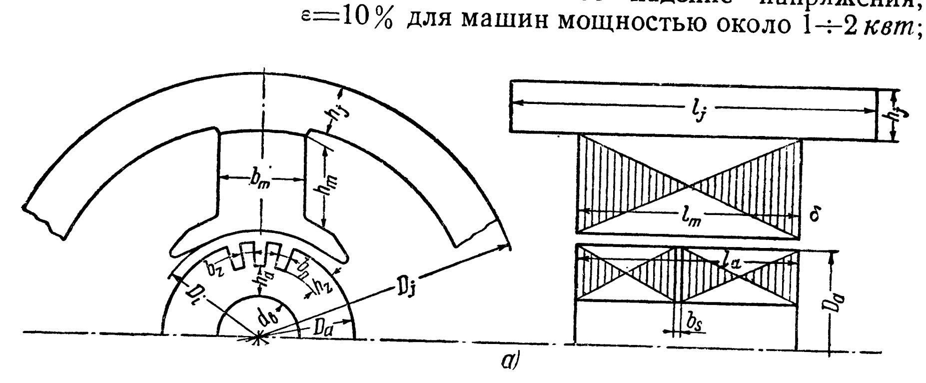
$E = U - \Delta U$ для двигателя, *в*;

U — номинальное напряжение, *в*;

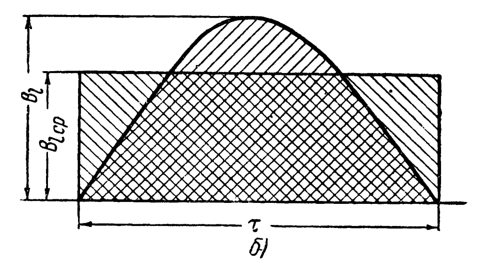
ΔU — падение напряжения в обмотках и на коллекторе, *в*;

$$\Delta U = \varepsilon \cdot U,$$

где ε — относительное падение напряжения; $\varepsilon = 10\%$ для машин мощностью около $1 \div 2$ *квт*;



Фиг. 30а. Эскиз магнитной цепи машины постоянного тока.



Фиг. 30б. График коэффициента магнитного перекрытия.

$\varepsilon \approx 5\%$ для машин средней мощности ($10 \div 100$ *квт*); $\varepsilon = 2\%$ для машин большой мощности. Значения $\Delta U\%$ от номинальной мощности приведены в табл. 9.

При точных расчетах необходимо подсчитать э. д. с., исходя из отдельных падений напряжения в электрической цепи:

$$\Delta U = I_a \Sigma r_{гор} + \Delta E = I_a \cdot (r_{д\ гор} + r_{с.\ гор} + r_{a\ гор}) + \Delta E,$$

где сопротивление обмотки дополнительных полюсов

$$r_д = \frac{k_t 2p_д \cdot W_д \cdot l_д}{5\,700 \cdot s_д \cdot a_д^2} \text{ ом;}$$

Таблица 9

Таблица зависимости ΔU % от номинальной мощности машины $P_н$

$P_н$, *квт*	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	200	300	400	600	800	1 000
$\Delta U\% = \frac{\Delta U}{U_н} 100\%$	10	8	7,3	6,7	6,4	5,9	5,6	5,4	5	4,8	4,2	3,7	3,4	3,2	3	2,9	2,8	2,7	2,6	2,5	2,4	2,2	2	1,8	1,6

сопротивление сериесной обмотки

$$r_c = \frac{k_t \cdot 2p \cdot W_c \cdot l_c}{5\,700 \cdot s_c \cdot a_c^2} \text{ ом};$$

сопротивление обмотки якоря

$$r_a = \frac{k_t \cdot z \cdot N_n \cdot l_{обм}}{5\,700 \cdot s_м \,(2a)^2} \text{ ом},$$

где $l_д$, l_c, $l_{обм}$ — средние длины витков обмоток, *см*;

$$l_{обм} \approx l_a + k_p \cdot \frac{\pi (D_a - h_n)}{2p},$$

где k_p — коэффициент;

$k_p = 1{,}25$ для $2p = 2$;
$k_p = 1{,}5$ для $2p = 4$;
$k_p = 1{,}75$ для $2p = 6$;
$k_p = 2$ для $2p = 8$.

Для полюсов круглого сечения

$$l_д = \pi \cdot (D_m + b_к) \text{ и } l_c = \pi \cdot (D_m + b_к),$$

D_m — диаметр полюса в *см*.

Для полюсов прямоугольного сечения

$$l_c = 2 \cdot (l_m + b_к) + 2 (b_m + b_к) \text{ и } l_д = 2 \cdot (l_д + b_к) + 2 (b_д + b_к),$$

$b_к = 2 \div 6$ *см* — толщина катушки;

ΔE — падение напряжения на коллекторе:
$\Delta E = 0{,}6$ *в* для низковольтных машин до 4 *в*;
$\Delta E = 1{,}2$ *в* для машин до 100 *в*;
$\Delta E = 2$ *в* для машин до 440 *в*;
k_t — температурный коэффициент увеличения сопротивления,

$$k_t = 1 + a_t \cdot t,$$

где a_t — тепловой коэффициент сопротивления (для меди $a_t = 0{,}004$);
$k_t = 1 + 0{,}004 \cdot 65 = 1{,}26$ для класса изоляции А ($\Delta t°\,C = 65°\,C$);
$k_t = 1 + 0{,}004 \cdot 85 = 1{,}34$ для класса изоляции В ($\Delta t°\,C = 85°\,C$).

9. Число секционных сторон в пазу

$$S_n = \frac{2k}{z}.$$

10. Число витков в секционной стороне W_n

$$W_n = \frac{N_n}{S_n}.$$

11. Основная проверка коллектора.

а) Среднее напряжение между двумя соседними коллекторными пластинками

$$U_{ср} = \frac{U \cdot 2p}{k} \leqslant 11 \div 21 \text{ в};$$

$U_{ср} = 18 \div 21$ *в* для малых машин;
$U_{ср} = 14 \div 18$ *в* для средних машин;
$U_{ср} = 11 \div 14$ *в* для больших машин.

Для машин, имеющих компенсационную обмотку, можно повысить среднее напряжение на $40 \div 50\%$.

б) Окружная скорость коллектора $v_к$:

$$v_к = \frac{\pi \cdot D_к \cdot n}{60 \cdot 1\,000} \leqslant 35 \text{ м/сек},$$

где $D_к$ — внешний диаметр коллектора, *мм*.

12. Окружная скорость якоря v_a *м/сек*:

$$v_a = \frac{\pi \cdot D_a \cdot n}{60 \cdot 1\,000} \text{ м/сек},$$

где $v_a \leqslant 17$ *м/сек* для машин с ременной передачей; $v_a \leqslant 40 \div 60$ *м/сек* для нормальных машин и $v_a \leqslant 60 \div 90$ *м/сек* и выше для турбогенераторов.

13. Находим поперечное сечение провода по коэффициенту заполнения паза k_n:

$$s_{м.\,из} = \frac{k_n \cdot b_{n.\,ср} \cdot h_n}{N_n},$$

где $s_{м.\,из}$ — площадь поперечного сечения провода с изоляцией, *мм*²;

$$s_{м.\,из} = 0{,}785\, d_{из}^2; \quad d_{из} = \sqrt{\frac{s_{м.\,из}}{0{,}785}}.$$

Обычно коэффициент заполнения паза для машин напряжением до 500 *в* находится в пределах $k_n \leqslant 0{,}38 \div 0{,}45$. Можно в среднем задаваться $k_n = 0{,}4$.

14. Подбираем плотность тока Δ_a в обмотке якоря по табл. 7.

15. Находим ток в якоре

$$I_a = i_a \cdot 2a$$

(для простой волновой $2a = 2$, для простой петлевой $2a = 2p$), где $i_a = \Delta_a \cdot s_м$ — ток в параллельной ветви.

16. Линейная нагрузка якоря

$$AS = \frac{i_a \cdot N}{\pi \cdot D_a} = \frac{I_a \cdot N_n}{2a \cdot t} = \frac{i_a \cdot N_n}{t},$$

где $t = \frac{\pi \cdot D_a}{z}$ — шаг по зубцам якоря, *см*;

AS не должна выходить из пределов, указанных в табл. 5.

17. Проверяем обмотку на нагрев

$$\Delta t^\circ C \equiv AS \cdot \Delta_a \leqslant 1\,000 \div 1\,800.$$

18. Уточненный магнитный поток машины:

а) при холостом ходе

$$\Phi_0 = \frac{U \cdot 60 \cdot a \cdot 10^8}{n \cdot z \cdot N_n \cdot p};$$

б) при нагрузке

$$\Phi_н = \frac{E \cdot 60 \cdot a \cdot 10^8}{n \cdot z \cdot N_n \cdot p}.$$

19. Число оборотов при холостом ходе n_0:

$$n_0 \approx \frac{U_н}{\left(\frac{p}{a} \cdot \frac{10^{-8}}{60} \cdot z \cdot N_n\right)\Phi_н} \text{ об/мин.}$$

20. Максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре:

а) при холостом ходе $B_{l0} = \frac{\Phi_0}{s_l}$;

б) при нагрузке $B_l = \frac{\Phi_н}{s_l}$.

Найденная индукция не должна выходить из пределов $3\,500 \div 10\,000$ *гс*.

21. Магнитная индукция в спинке якоря при нагрузке

$$B_a = \frac{\Phi_н}{2s_a},$$

где $2s_a$ — удвоенное сечение спинки якоря, *см*²;

$$2s_a = 2 \cdot k_{cm} \cdot h_a \cdot l,$$

k_{cm} — коэффициент заполнения активной стали;

$k_{cm} = 0{,}97$ для листов без дополнительной изоляции;

$k_{cm} = 0{,}93 \div 0{,}95$ для лакировки;

$k_{cm} = 0{,}9$ для бумаги.

$B_a \leqslant 5\,000 \div 16\,000$ *гс* (см. табл. 9а) в зависимости от частоты тока f:

Таблица 9а

f, гц	5	20	30	40	50	60	100
B_a *гс*	16 000	12 000	10 000	9 500	9 000	8 000	5 000

$$f = \frac{p \cdot n}{60} \text{ гц.}$$

22. Магнитные индукции в зубце якоря при нагрузке:

а) $$B_{z\,макс} = \frac{B_l \cdot tl_l}{b_{z\,мин} \cdot k_{cm} \cdot l},$$

$$B_{z\,макс} \leqslant 19\,000 \div 23\,000 \text{ гс},$$

$$b_{z\,мин} = \frac{\pi \cdot (D_a - 2h_n)}{z} - b_n;$$

б) $$B_{z\,мин} = B_{z\,макс} \cdot \frac{b_{z\,мин}}{b_{z\,макс}};$$

в) $$B_{z\,ср} = B_{z\,макс} \cdot \frac{b_{z\,мин}}{b_{z\,ср}},$$

где

$$b_{z\,ср} = \frac{b_{z\,мин} + b_{z\,макс}}{2}.$$

23. Магнитная индукция в главном полюсе при нагрузке

$$B_m = \frac{\Phi_m}{s_m},$$

где Φ_m — поток в главном полюсе:

$$\Phi_m = \sigma_m \cdot \Phi_н \text{ мкс},$$

где σ_m — коэффициент рассеяния полюсов при нагрузке

$$\sigma_m = 1{,}08 \div 1{,}25;$$

s_m — сечение полюса, *см*²;

$s_m = b_m \cdot l_m$ — для сплошного полюса;

$s_m = 0{,}975\, b_m \cdot l_m$ — для шихтованного.

$B_m \leqslant 8\,000 \div 17\,000$ *гс* (см. табл. 6).

24. Магнитная индукция в спинке станины

$$B_j = \frac{\Phi_m}{2s_j},$$

где $2s_j$ — удвоенное сечение спинки станины, *см*²;

$$2s_j = 2 \cdot h_j \cdot l_j,$$

l_j — длина спинки, *см*:

h_j — высота спинки, *см*;

Обычно $B_j \leqslant 8\,000 \div 15\,000$ *гс* (см. табл. 6).

25. Магнитная индукция в дополнительном полюсе

$$B_д = \frac{\Phi_д}{s_д},$$

где $s_д$ — сечение дополнительного полюса, *см*²;

$$s_д = b_д \cdot l_д.$$

Обычно $B_д \leqslant 6\,000 \div 8\,000$ *гс*, так как необходимо слабое насыщение дополнительных полюсов, чтобы магнитный поток возрастал прямо пропорционально силе тока якоря.

Если магнитные индукции не выходят из пределов допустимых, то можно расчет вести дальше.

26. Число витков и площадь поперечного сечения обмотки дополнительных полюсов $W_д$ и $s_д$:

$$W_д = \frac{AW_д}{I_a},$$

где $AW_д$ — число ампервитков, приходящееся на полюс.

Ориентировочно найдем:

$$AW_д \approx 1{,}2\, AW_{р.я} = 0{,}6 \cdot \tau \cdot AS,$$

$AW_{р.я}$ — ампервитки реакции якоря.

Площадь поперечного сечения обмотки

$$s_д = \frac{I_a}{\Delta_д \cdot a_д},$$

где $\Delta_д = 1{,}5 \div 4$ $а/мм^2$ — плотность тока (см. табл. 4).

27. Коэффициент воздушного зазора

$$k_c = \frac{t + 10\delta}{b_z + 10\delta},$$

где $b_z = (t - b_{проp})$ — ширина коронки зубца якоря, *см*;

δ — односторонний минимальный воздушный зазор, *см*.

28. Суммарные ампервитки машины на полюс при нагрузке

$$\Sigma AW = AW_l + AW_z + AW_a + AW_m + $$
$$+ AW'_l + AW_j + AW_d,$$

где:

а) ампервитки на полюс в воздушном зазоре

$$AW_l = 0{,}8\, k_c \cdot \delta \cdot B_l;$$

б) ампервитки зубца якоря

$$AW_z = h_n \cdot \left(\frac{aw_{z\,макс} + aw_{z\,мин} + 4aw_{z\,ср}}{6}\right),$$

по табл. 10 находим удельные ампервитки $aw_z = f(B_z)$;

в) ампервитки на полюс спинки якоря

$$AW_a = aw_a L_a \gamma_a,$$

где γ_a — коэффициент, характеризующий неравномерное распределение силовых линий вдоль спинки;

$\gamma_a = 0{,}3 \div 0{,}637$ в зависимости от индукции в спинке (чем выше индукция, тем меньше γ_a);

$\gamma_a = f(B_a)$ находится по кривой фиг. 71. По табл. 10 находим

$$aw_a = f(B_a);$$

L_a — средняя длина силовых линий на полюс в спинке якоря, *см*

$$L_a = \frac{\pi \cdot (D_a - 2h_z - h_a)}{4p}\ см;$$

г) ампервитки в главном полюсе

$$AW_m = aw_m \cdot h_m,$$

где по табл. 10 находим

$$aw_m = f(B_m);$$

д) ампервитки в стыке полюса со станиной

$$AW'_l = 0{,}8 \cdot B_m \cdot \delta'_m,$$

где $\delta'_m = 0{,}01 \div 0{,}02$ *см* (0,01 — крепление болтами, 0,02 — ласточкиным хвостом);

е) ампервитки в спинке станины

$$AW_j = aw_j \cdot L_j \cdot \gamma_j,$$

где $aw_j = f(B_j)$ по табл 10;

$\gamma_j = f(B_j)$ по кривой фиг. 71.

L_j — средняя длина силовых линий на полюс в спинке станины, *см*;

$$L_j = \frac{\pi \cdot (D_a + 2\delta + 2h_p + h_j)}{4p}\ см;$$

так как обычно ампервитки в спинке станины незначительны, то ими в расчетах можно пренебречь;

ж) ампервитки реакции якоря по продольной оси на полюс

$$AW_d = (0{,}06 \div 0{,}1) \cdot \tau AS,$$

точнее находятся по характеристике холостого хода.

29. Число витков и площадь поперечного сечения обмотки в случае машины сериесного возбуждения

$$W_c = \frac{\Sigma AW}{I_a},$$

где ΣW — число ампервитков возбуждения, приходящееся на полюс.

Таблица 10

Таблица намагничения

	0	100	200	300	400	500	600	700	800	900
Электротехническая сталь толщиной 0,5 *мм*										
8 000	4	4	4,1	4,1	4,2	4,2	4,3	4,4	4,5	4,6
9 000	4,8	4,8	4,9	5	5,1	5,2	5,3	5,4	5,5	5,6
10 000	5,7	5,8	5,9	6	6,2	6,3	6,5	6,7	6,9	7,1
11 000	7,2	7,4	7,5	7,7	8	8,2	8,5	8,7	8,9	12,3
12 000	9,3	9,6	9,9	10,1	10,5	11	11,3	11,6	11,9	12,3
13 000	128	13,3	13,8	14,2	14,6	15	15,7	16,3	17	17,5
14 000	182	19	19,8	20,6	21,2	22	23,5	25	26,5	28
15 000	29	30	31	32,5	33,5	35	37	39	41	43
16 000	47	50	53	56	60	63	67	71	75	79
17 000	83	88	93	98	104	110	116	122	128	135
18 000	142	149	156	163	171	179	187	196	205	214
19 000	224	235	246	257	269	281	294	308	322	336
20 000	350	364	378	393	408	423	439	457	476	495
21 000	515	535	556	577	598	620	643	666	689	712
22 000	735	754	783	807	831	855	880	905	930	955
23 000	980	1 006	1 032	1 058	1 085	1 110	1 135	1 165	1 195	1 230
Электротехническая сталь толщиной 1 ÷ 2 *мм*										
16 000	45	47	49	51	53	55	57	59	61	63
17 000	65	67	70	75	78	80	85	88	92	98
18 000	102	108	113	118	124	130	138	148	158	168
19 000	180	190	200	208	215	230	240	252	262	278
20 000	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380

Площадь поперечного сечения обмотки

$$s_c = \frac{I_a}{\Delta_c \cdot a_c},$$

где $\Delta_c = 1 \div 3$ *а/мм²* — плотность тока (см. табл. 4).

30. Число витков на полюс и площадь поперечного сечения шунтовой обмотки $W_ш$, $s_ш$:

$$W_ш = \frac{\Sigma AW}{I_ш},$$

где ΣAW — число ампервитков возбуждения, приходящееся на полюс;

$I_ш$ — ток в шунте, а $I_ш = (1{,}2 \div 10\%) \cdot I_н$.

По приблизительно намеченной мощности для генератора $P_г \approx UI_a \cdot 10^{-3}$ *квт*, для двигателя $P_{дв} \approx UI_a \eta \cdot 10^{-3}$ *квт* находим $\frac{I_ш}{I_н} \cdot 100$ в табл. 11, задаваясь η по табл. 8.

Зная ток шунта и задавшись плотностью тока, можно определить площадь поперечного сечения

$$s_ш = \frac{I_ш}{\Delta_ш \cdot a_ш},$$

где $\Delta_ш = 1{,}2 \div 4$ *а/мм²* (см. табл. 4)

Процентное отношение тока шунта к току якоря в зависимости от мощности дано в табл. 11.

Таблица 11

P, *квт*	$\frac{I_ш}{I_н} \cdot 100$
0,5 ÷ 1	8 ÷ 10%
5	7%
10	5%
20	4%
40	3%
60	2,5%
100	2%
300	1,5%
1 000	1,2%

Необходимо площадь поперечного сечения обмотки проверить по формуле

$$s_ш = \frac{(1{,}1 \div 1{,}2) k_t \cdot \Sigma AW \; 2p \cdot l_ш}{5\,700 \cdot U} \; мм^2,$$

где $l_ш$ — средняя длина витка, *см*.

Для полюсов круглого сечения

$$l_ш = \pi \cdot (D_m + b_к),$$

для полюсов прямоугольного сечения

$$l_ш = 2(l_m + b_к) + 2(b_m + b_к),$$

$b_к = 2 \div 6$ *см* — толщина катушки;

$(1{,}1 \div 1{,}2)$ — коэффициент запаса **сечения**.

Сопротивление шунтовой обмотки

$$r_ш = \frac{k_t \cdot 2p \cdot W_ш \cdot l_ш}{5\,700 \cdot s_ш} \text{ ом}.$$

Проверка на заполнение обмоткой пространства между полюсами

$$s_\delta \geqslant 2h_к \cdot b_к,$$

где s_δ — сечение пространства между полюсами, $см^2$;

$h_к$ — высота катушки, $см$;

$b_к$ — толщина катушки, $см$;

$$s_\delta = \left[\frac{\tau_{мин} + \tau_{макс} - 2(b_m + 2b_к)}{2} \right] \cdot h_m \text{ см}^2,$$

$$\tau_{мин} \approx \tau = \frac{\pi D_a}{2p} \text{ см},$$

$$\tau_{макс} = \frac{\pi \cdot (D_a + 2h_m)}{2p} \text{ см},$$

$$h_к = \frac{\Sigma AW}{100 \cdot \Delta_ш \cdot k_в \cdot b_к},$$

где $k_в$ — коэффициент заполнения обмотки на электромагнитах;

$k_в = 0,7 \div 0,8$ — для ленточной обмотки, гнутой на „ребро";

$k_в \approx 0,8 \cdot \left(\frac{d}{d_1}\right)^2$ — для круглой обмотки;

d_1 — диаметр изолированного провода;

d — диаметр голого провода.

Такую проверку следует провести также для обмоток дополнительных полюсов и сериес-обмоток.

31. Номинальный ток машины. Ток якоря $I_a = I_н \pm I_ш$ (знак + для генератора, а — для двигателя), откуда $I_н = I_a - I_ш$ — для генератора; $I_н = I_a + I_ш$ — для двигателя.

32. Мощность машины:

$P_г = U_г \cdot I_н \cdot 10^{-3}$ *квт* — для генератора,

$P_д = U_{дв} \cdot I_н \cdot \eta \cdot 10^{-3}$ *квт* — для двигателя,

где η — к. п. д. двигателя ($\eta \approx 0,6 \div 0,95$) в зависимости от мощности машины.

Значения к. п. д. можно брать в табл. 8.

33. Шаг обмоток по пазам и коллектору $y_п$ и $y_к$:

$y_п = \frac{z}{2p}$ и $y_к = \frac{k \pm a}{p}$ (для волновой обмотки);

$y_к = \pm 1$ (для простой петлевой обмотки).

34. Расчет уравнительных соединений на коллекторе (для петлевых обмоток):

а) Шаг уравнительных соединений

$$y_{ур} = \frac{k}{p} = \frac{k}{a}.$$

б) Число коллекторных пластин, приходящихся на один паз k_z:

$$k_z = \frac{k}{z}.$$

в) Число коллекторных пластин, заключенных между двумя присоединенными уравнительными кольцами

$$y'_{ур} = \frac{2k}{z}.$$

Чередование номеров коллекторных пластин, присоединенных к уравнительным кольцам:

$$(y_{ур} + 1) - (2y_{ур} + 1).$$

г) Общее число эквипотенциальных колец

$$n_{эк} = \frac{k}{a \cdot y'_{ур}}.$$

д) Площадь поперечного сечения уравнительного кольца

$$s_{ур} \approx (0,2 \div 0,5) \cdot s_м,$$

где $s_м$ — площадь поперечного сечения ветви обмотки якоря, $мм^2$.

Размеры сечения уравнительного кольца $s_{ур} = a_{ур} \cdot b_{ур}$ подобрать по ГОСТ 434-41.

35. Подбор размеров коллектора в случае изготовления нового. Коллекторное деление

$$t_к = \frac{\pi \cdot D_к}{k} \text{ мм},$$

где $t_к \geqslant 3,5$ *мм*,

$t_к = b_{из} + b'_к$; $b'_к = 0,3 \div 1$ *см*, $b'_к$ — толщина коллекторной пластины, $b_{из} = 0,05 \div 0,12$ *см* — изоляция между пластинами (миканит).

Для $U \leqslant 250$ *в* $b_{из} = 0,05 \div 0,08$ *см*,

$U \geqslant 250$ *в* $b_{из} = 0,08 \div 0,12$ *см*,

откуда диаметр коллектора определится:

$$D_к = \frac{k \cdot t_к}{\pi}.$$

Длина коллектора найдется:

$$l_к = n_щ \cdot l_щ + (n_щ - 1) \cdot l_0 + d + e,$$

где $n_щ$ — число щеток на щеточном болте;
$l_щ$ — длина щетки; $l_щ = 10 \div 30$ *мм* в машинах средней мощности;
l_0 — осевое расстояние между смежными щетками;
$l_0 = 5-8$ *мм*; e и d — осевые расстояния между краями коллектора и ближайшими щетками;
$e = d = 4-5$ *мм*.

36. Нагрев коллектора. При определении перегрева коллектора принимаем в расчет его боковую поверхность: перегрев коллектора

$$\Delta t_к = \frac{c\cdot(p_{кр} + p_{к.щ})}{s_к(1 + 0{,}1\cdot v_к)}\ ^\circ C,$$

где $c = 60 \div 150$ (для машин с вентилятором на валу $c \leqslant 60$);
$p_{кр}$ — потери на трение щеток о коллектор, *вт*;
$p_{кр} = 0{,}35\cdot s_щ \cdot v_к$;
$s_щ$ — площадь щеток, *см²*;
$v_к$ — окружная скорость коллектора, *м/сек*;
$p_{к.щ} = (1 \div 2)\cdot I\cdot \Delta E$ — потери в промежуточном контакте (для угольных и графитовых щеток брать 2, для медно-графитовых 1);
$s_к$ — боковая поверхность коллектора, *см²*

$$s_к = \pi D_к \cdot l_к.$$

Перегрев должен находиться в пределах $\Delta t^0_к \leqslant 65^\circ$ C.

37. Расчет бандажа:

а) Выбор диаметра и материала бандажной проволоки (сталь или бронза, ⌀ $0{,}5 \div 1{,}5$ *мм*, для стальной проволоки допускаемое напряжение на растяжение в бандаже $R_z = 3\,000 \div 3\,500$ *кг/см²*, для бронзовой — $R_z = 1\,800 \div 2\,000$ *кг/см²*).

б) Угонное число оборотов якоря

$$n_{уг} = 1{,}2\cdot n_{ном}\ \text{об/мин.}$$

в) Напряжение от собственной центробежной силы бандажа

$$\sigma_1 = k_\gamma \cdot D_1^2 \cdot \left(\frac{n_{уг}}{1\,000}\right)^2\ кг/см^2,$$

где σ_1 — напряжение от центробежной силы бандажа, *кг/см²*;
D_1 — диаметр бандажа, *см* ($D_1 \approx D_a$ — наружному диаметру якоря);
k_γ — коэффициент, учитывающий материал проволоки (для стальной $k_\gamma = 0{,}022$, для бронзовой $k_\gamma = 0{,}024$).

г) Веса отдельных участков обмотки вместе с изоляцией, удерживаемые бандажом.

Вес пазовой части обмотки

$$G_п = 9{,}35\cdot z\cdot N_п \cdot l'_a \cdot s_м \cdot 10^{-5},$$

где 9,35 — удельный вес обмотки с изоляцией, *г/см³*;
z — число пазов якоря;
$N_п$ — число проводов в пазу;
l'_a — длина пазовой части обмотки с прямолинейным вылетом;
$l'_a = l_a + 2(1 \div 1{,}5\ см)$, $s_м$ — площадь поперечного сечения эффективного проводника обмотки якоря, *мм²*.

Вес лобовой части со стороны, противоположной коллектору:

$$G_s = 9{,}35\cdot z\cdot N_п \cdot l_s \cdot s_м \cdot 10^{-5} + 8{,}9\cdot n_{эк} \times \\ \times \pi\cdot D_{ур.ср}\cdot s_{м.ур}\cdot 10^{-5},$$

где l_s — длина витка лобовой части, *см*;

$$l_s = k_p \cdot \frac{\pi\cdot(D_a - h_п)}{2p} - 2(1 \div 1{,}5\ см)\ см;$$

$n_{эк}$ — число эквипотенциальных колец;
$D_{ур.ср}$ — средний диаметр эквипотенциального кольца, *см*;
$s_{м.ур}$ — сечение уравнительного кольца, *мм²*;
8,9 — удельный вес голой меди, *г/см³*.

Вес лобовой части со стороны коллектора

$$G_к = G' + G_0,$$

где G' — вес обмотки лобовой части, *кг*;

$$G' = 9{,}35\cdot z\cdot N_п \cdot l'_s \cdot s_м \cdot 10^{-5},$$

$$l'_s = k_p \cdot \frac{\pi\cdot(D_a - h_п)}{2p};$$

G_0 — общий вес хомутиков, обмотки в хомутиках, изоляции и половины петушков; G_0 составляет примерно 12% от веса всей обмотки:

$$G_0 \approx 0{,}12\cdot G_м;\quad G_м = 9{,}35\cdot z\cdot N_п \cdot l_{обм}\cdot s_м \cdot 10^{-5};$$

$$l_{обм} = l_a + k_p \frac{\pi\cdot(D_a - h_п)}{2p}.$$

д) Число витков бандажа пазовой части

$$w_п = 1{,}13\cdot \frac{G\cdot D_2}{d^2(R_z - \sigma_1)}\cdot\left(\frac{n_{уг}}{1\,000}\right)^2,$$

где d — диаметр проволоки, *см*;
$D_2 = D_a - h_n$ — средний диаметр обмотки, *см*;
$\sigma_2 = R_z - \sigma_1$ — напряжение в бандаже от центробежной силы обмотки, $кг/см^2$ ($\sigma = \sigma_1 + \sigma_2 \leqslant R_z$).

Полученное число витков для удобства размещения следует разбить на отдельные бандажи (2, 4 и т. д.). Если получающееся число витков трудно будет укладывать, то необходимо выбрать больший диаметр проволоки, не выступающий за поверхность канавки, и пересчитать вновь витки.

е) Число витков бандажа лобовой части, противоположной стороны коллектора:

$$w'_s = 1{,}13 \cdot \frac{G_s \cdot D'_2}{d^2 \cdot (R_z - \sigma_1)} \cdot \left(\frac{n_{yz}}{1\,000}\right)^2,$$

где D'_2 — средний диаметр обмотки лобовой части, *см*:

$$D'_2 = (D_a - h_n) - (1 \div 1{,}5)\ см.$$

ж) Общее число витков бандажа лобовой части со стороны коллектора

$$w_к = 1{,}13 \cdot \frac{G_к D'_2}{d^2 \cdot (R_z - \sigma_1)} \cdot \left(\frac{n_{yz}}{1\,000}\right)^2.$$

з) Суммарное число витков якоря w:

$$w = w_n + w'_s + w_к.$$

38. Проверка подшипников или цапфы на удельное давление

$$p = \frac{R_A}{l_z \cdot d_z},$$

где R_A — реакция опоры, *кг*;
l_z — длина цапфы, *см*;
d_z — диаметр цапфы, *см*;
p — удельное давление, $кг/см^2$ (подшипники со смазкой допускают удельное давление до 25 $кг/см^2$).

27. ПРИМЕР ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА МАШИНЫ ПОСТОЯННОГО ТОКА

1. Данные для поверочного расчета машины без паспорта и обмоток:

а) номинальное напряжение $U = 220$ *в*;

б) номинальное число оборотов $n = 800$ об/мин в режиме двигателя;

в) система возбуждения — шунтовая;

г) режим работы машины: двигатель — генератор;

д) число пазов якоря $z = 36$;

е) длина якоря $l_a = 216$ *мм*, включая два вентиляционных канала шириной по 8 *мм*;

ж) длина коллектора $l_к = 125$ *мм*;

з) внешний диаметр якоря $D_a = 240$ *мм*;

и) диаметр коллектора $D_к = 175$ *мм*;

к) число коллекторных пластин $k = 107$;

л) число главных и дополнительных полюсов $2p = 4$ и $2\ p_д = 2$ (материал — стальное литье);

м) размеры паза $b_{n.\,ср} \cdot h_n = 6{,}5 \cdot 33\ мм^2$;

н) размеры зубца $b_{z\ мин} = 8{,}7$ *мм* и $b_{z\ макс} = 14{,}5$ *мм*;

о) высота спинки якоря $h_a = 59{,}5$ *мм*;

п) высота спинки станины $h_j = 75$ *мм* (материал — чугун) и длина $l_j = 250$ *мм*;

р) размеры главного полюса $l_m = 208$ *мм*; $b_m = 70$ *мм* и $h_m = 53$ *мм*; длина дуги $b_i = 132$ *мм*;

с) размеры дополнительного полюса $l_д = 127$ *мм*, $h_д = 52{,}5$ *мм*, $b_{д.\,макс} = 25{,}4$ *мм* и $b_д = 22{,}2$ *мм*;

т) минимальный воздушный зазор между главным полюсом и якорем $\delta = 2$ *мм*.

2. Зубцовое деление якоря по коронкам зубцов

$$t = \frac{\pi \cdot D_a}{z} = \frac{3{,}14 \cdot 24}{36} = 2{,}1\ см.$$

3. Полюсное деление

$$\tau = \frac{\pi \cdot D_a}{2p} = \frac{3{,}14 \cdot 24}{4} = 18{,}8\ см.$$

4. Сечение в воздушном зазоре

$$s_l = a_i \cdot l_i \cdot \tau,$$

где

$$l_i = \frac{l_m + \frac{l_a + l}{2}}{2} = \frac{20{,}8 + \frac{21{,}6 + 20}{2}}{2} = 20{,}8\ см,$$

$$l = l_a - n_s \cdot b_s = 216 - 2 \cdot 8 = 200\ мм,$$

$$a_i = \frac{b_i}{\tau} = \frac{13{,}2}{18{,}8} = 0{,}7,$$

$$s_l = a_i \cdot l_i \tau = 0{,}7 \cdot 20{,}8 \cdot 18{,}8 = 275\ см^2.$$

5. Максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре. Выбираем по табл. 5 $B_l = 6\,500$ *гс*.

6. Магнитный поток машины при нагрузке

$$\Phi_н = B_l \cdot S_l = 6\,500 \cdot 275 = 1{,}78 \cdot 10^6\ мкс.$$

7. Тип обмотки якоря. Берем простую волновую обмотку.

8. Число эффективных проводов в пазу якоря

$$N_n = \frac{E \cdot 60 \cdot a \cdot 10^8}{n \cdot z \cdot p \cdot \Phi_н} = \frac{209 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 10^8}{800 \cdot 36 \cdot 2 \cdot 1{,}78 \cdot 10^6} = 12{,}2$$

(округляем $N_n = 12$), где

$$E = U_н - \Delta U \text{ (для двигателя)},$$
$$\Delta U = \varepsilon U_н = 0{,}05 \cdot 220 = 11 \ в,$$
$$\varepsilon = 5\% \text{ для } P = 10 \div 100 \ квт,$$
$$E = 220 - 11 = 209 \ в.$$

9. Число секционных сторон

$$S_n = \frac{2k}{z} = \frac{2 \cdot 107}{36} \approx 6.$$

10. Число витков в секционной стороне

$$W_n = \frac{N_n}{S_n} = \frac{12}{6} = 2.$$

11. Основная проверка коллектора:

а) Среднее напряжение между двумя соседними коллекторными пластинами

$$U_{ср} = \frac{U_н \cdot 2p}{k} = \frac{220 \cdot 4}{107} = 8{,}25 \ в,$$

что вполне допустимо.

б) Окружная скорость коллектора

$$U_к = \frac{\pi \cdot D_к n}{60} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}175 \cdot 800}{60} = 7{,}3 \ м/сек$$

(допускается до 35 $м/сек$).

12. Окружная скорость якоря

$$v_a = \frac{\pi \cdot D_к \cdot n}{60} = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}24 \cdot 800}{60} = 10 \ м/сек.$$

13. Находим поперечное сечение провода по коэффициенту заполнения паза

$$s_{м.\,из} = \frac{k_n b_{n.\,ср} \cdot h_n}{N_n} = \frac{0{,}4 \cdot 6{,}5 \cdot 33}{12} = 7{,}2 \ мм^2,$$

где задаемся $k_n \approx 0{,}4$ для $U \leqslant 500 \ в$.

Так как сечение велико, то берем 2 параллельных провода, тогда элементарное сечение провода будет:

$$s_{м.\,эл.\,из} = \frac{s_{м.\,из}}{2} = \frac{7{,}2}{2} = 3{,}6 \ мм^2,$$

где

$$s_{м.\,эл.\,из} = 0{,}785 \cdot d_{из}^2 = 3{,}6 \ мм^2,$$

откуда

$$d_{из} = \sqrt{\frac{s_{м.\,из.\,эл}}{0{,}785}} = \sqrt{\frac{3{,}6}{0{,}785}} = \sqrt{4{,}6} = 2{,}16 \ мм,$$

Берем $d = 1{,}81$ ПБД (2 параллельных провода), так как $d_{из} = 1{,}81 + 0{,}25 = 2{,}06$ $мм$, где 0,25 $мм$ — толщина изоляции на обе стороны проводника.

14. Подбираем плотность тока в обмотке якоря по табл. 4

$$\Delta_a = 5{,}8 \ а/мм^2.$$

15. Находим ток в якоре

$$I_a = i_a \cdot 2a = 30 \cdot 2 = 60 \ а$$

(берем простую волновую обмотку),

$$i_a = s_{м.эфф} \cdot \Delta_a = 5{,}15 \cdot 5{,}8 = 30 \, а, \text{ где}$$
$$s_{м.\,эфф} = 2 \cdot 1{,}81^2 \cdot 0{,}785 = 5{,}15 \ мм^2.$$

16. Линейная нагрузка якоря

$$AS = \frac{i_a \cdot N_n}{t} = \frac{30 \cdot 12}{2{,}1} = 172 \ а/см,$$

17. Произведение $AS \cdot \Delta_a$

$$AS \cdot \Delta_a = 172 \cdot 5{,}8 = 1\,000.$$

18. Магнитный поток машины:

а) При холостом ходе Φ_0

$$\Phi_0 = \frac{U_н \cdot 60 \cdot a \cdot 10^8}{n \cdot z \cdot N_n \cdot p} = \frac{220 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 10^8}{800 \cdot 36 \cdot 12 \cdot 2} = 1{,}9 \cdot 10^6 \ мкс.$$

б) При нагрузке $\Phi_н = \dfrac{E \cdot 60 \cdot a \cdot 10^8}{n \cdot z \cdot N_n \cdot p}$

$$\Phi_н = \frac{209 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 10^8}{800 \cdot 36 \cdot 12 \cdot 2} = 1{,}81 \cdot 10^6 \ мкс.$$

19. Число оборотов двигателя при холостом ходе

$$n_0 \approx \frac{U_н}{\left(\frac{p}{a} \cdot \frac{10^{-8}}{60} \cdot z \cdot N_n\right) \cdot \Phi_н} =$$

$$= \frac{220}{\left(\frac{2}{1} \cdot \frac{10^{-8}}{60} \cdot 36 \cdot 12\right) \cdot 1{,}81 \cdot 10^6} = 845 \text{ об/мин.}$$

20. Максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре:

а) При холостом ходе

$$B_{l0} = \frac{\Phi_0}{s_l} = \frac{1{,}9 \cdot 10^6}{275} = 6\,900 \ гс,$$

б) При нагрузке

$$B_l = \frac{\Phi_н}{s_l} = \frac{1{,}81 \cdot 10^6}{275} = 6\,600 \ гс.$$

21. Максимальная индукция в спинке якоря при нагрузке

$$B_a = \frac{\Phi_н}{2s_a} = \frac{1{,}81 \cdot 10^6}{226} = 8\,000\ гс,$$

$$2s_a = 2 \cdot k_{cm} \cdot h_a \cdot l = 2 \cdot 0{,}95 \cdot 5{,}95 \cdot 20{,}0 = 226\ см^2.$$

22. Магнитные индукции в зубце якоря при нагрузке:

а) $$B_{z\,макс} = \frac{B_l \cdot t \cdot l_l}{b_{z\,мин} \cdot k_{cm} \cdot l} = \frac{6\,600 \cdot 2{,}1 \cdot 20{,}8}{0{,}87 \cdot 0{,}95 \cdot 20} = 17\,500\ гс,$$

$$b_{z\,мин} = \frac{\pi \cdot (D_a - 2h_n)}{z} - b_n = \frac{3{,}14(24 - 2 \cdot 3{,}3)}{36} - 0{,}65 = 1{,}52 - 0{,}65 = 0{,}87\ см.$$

б) $$B_{z\,мин} = B_{z\,макс} \cdot \frac{b_{z\,мин}}{b_{z\,ср}} = 17 \cdot 500 \cdot \frac{0{,}87}{1{,}45} = 10\,500\ гс..$$

в) $$B_{z\,ср} = B_{z\,макс} \cdot \frac{b_{z\,мин}}{bz_{ср}} = 17\,500 \cdot \frac{0{,}87}{1{,}16} = 13\,200\ гс,$$

где

$$b_{z\,ср} = \frac{0{,}87 + 1{,}45}{2} = 1{,}16\ см.$$

23. Магнитная индукция в главном полюсе при нагрузке

$$B_m = \frac{\Phi_m}{s_m} = \frac{2 \cdot 10^6}{145} = 13\,800\ гс$$

(допускается до 17 000 *гс*).

Магнитный поток Φ_m определяем по формуле

$$\Phi_m = \sigma_m \cdot \Phi_н = 1{,}1 \cdot 1{,}81 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^6\ мкс,$$

находим сечение

$$s_m = b_m \cdot l_m = 7{,}0 \cdot 20{,}8 = 145\ см^2.$$

24. Магнитная индукция в спинке станины

$$B_j = \frac{\Phi_m}{2s_j} = \frac{2 \cdot 10^6}{375} = 5\,350\ гс$$

(для чугуна B_j допускается до 8 000 *гс*),

$$2s_j = 2l_j h_j = 2 \cdot 25 \cdot 7{,}5 = 375\ см^2.$$

25. Магнитная индукция в дополнительном полюсе. Задаемся $B_д = 7\,000\ гс$, магнитный поток в дополнительном полюсе:

$$\Phi_д = B_д \cdot s_д = 7\,000 \cdot 28{,}2 = 0{,}2 \cdot 10^6\ мкс,$$

($B_д$ допускается от 6 000 до 8 000 *гс*), а

$$s_д = l_д \cdot b_д = 12{,}7 \cdot 2{,}22 = 28{,}2\ см^2.$$

26. Число витков на полюс и площадь поперечного сечения обмотки дополнительных полюсов

$$W_д = \frac{AW_д}{I_a} = \frac{1\,940}{60} \approx 32,$$

$$AW_д \approx 1{,}2 \cdot AW_{р.я} = 0{,}6 \cdot \tau \cdot AS = 0{,}6 \cdot 18{,}8 \cdot 172 = 1\,940.$$

Площадь поперечного сечения $s_{м.\,д.} = \frac{I_a}{\Delta_д} = \frac{60}{2{,}7} = 22{,}3\ мм^2$ (задаемся $\Delta_д = 2{,}7\ а/мм^2$ по табл. 4).

Берем 3,8 ПБД в 2 параллельных провода.

27. Коэффициент воздушного зазора

$$k_c = \frac{t + 10 \cdot \delta}{b_z + 10 \cdot \delta} = \frac{2{,}1 + 10 \cdot 0{,}2}{1{,}45 + 10 \cdot 0{,}2} = \frac{4{,}1}{3{,}45} = 1{,}18.$$

$$b_z = t - b_{пpop} = 2{,}1 - 0{,}65 = 1{,}45\ см.$$

28. Суммарные ампервитки машины на полюс при нагрузке

$$\Sigma AW = AW_l + AW_z + AW_a + AW_m + AW'_l + AW_д = 1\,250 + 104 + 11{,}5 + 90 + 110 + 29 + 260 \approx 1\,845,$$

где находим:

а) ампервитки на полюс в воздушном зазоре

$$AW_l = 0{,}8 \cdot 1{,}18 \cdot 0{,}2 \cdot 6\,600 = 1\,250;$$

б) ампервитки зубца якоря

$$AW_z = h_n \cdot \left(\frac{aw_{z\,макс} + aw_{z\,мин} + 4aw_{z\,ср}}{6}\right) = 3{,}3 \cdot \frac{110 + 6{,}3 + 4 \cdot 13{,}2}{6} = 3{,}3 \cdot \frac{171{,}0}{6} = 94;$$

по табл. 10 находим удельные ампервитки $aw_z = f(B_z)$;

в) ампервитки на полюс спинки якоря

$$AW_a = aw_a \cdot L_a \cdot \gamma_a = 4 \cdot 4{,}5 \cdot 0{,}637 = 11{,}5,$$

где

$$\gamma_a = f(B_a) = f(8\,000\ гс) = 0{,}637,$$

по кривой 71

$$L_a = \frac{\pi \cdot (D_a - 2h_z - h_a)}{4p} = \frac{3{,}14 \cdot (24 - 2 \cdot 3{,}3 - 5{,}95)}{4 \cdot 2} = $$

$$= \frac{3{,}14 \cdot 11{,}45}{8} = 4{,}5 \text{ см},$$

$$aw_a = f \cdot (B_a) = f(8\,000 \text{ гс}) = 4,$$

по табл. 10;

г) ампервитки в главном полюсе

$$AW_m = aw_m \cdot h_m = 17 \cdot 5{,}3 = 90,$$

где

$$aw_m = f(B_m) = f(13\,800 \text{ гс}) = 17$$

по табл. 10.

д) ампервитки в стыке полюса

$$AW_l' = 0{,}8 \cdot B_m \cdot \delta_m' = 0{,}8 \cdot 13\,800 \cdot 0{,}01 = 110;$$

е) ампервитки в спинке станины

$$AW_j = aw_j \cdot L_j \cdot \gamma_j = 2{,}7 \cdot 17 \cdot 0{,}637 = 29,$$

где

$$aw_j = f(B_j) = f(5\,360 \text{ гс}) = 2{,}7$$

по табл. 11;

$$\gamma_j = f(B_j) = f(5\,350 \text{ гс}) = 0{,}637$$

по кривой 10;

$$L_j = \frac{\pi \cdot (D_a + 2\delta + 2hp + hj)}{4p} =$$

$$= \frac{3{,}14 \cdot (24 + 2 \cdot 0{,}2 + 2 \cdot 5{,}3 + 7{,}5)}{4 \cdot 2} \approx 17 \text{ см};$$

ж) ампервитки реакции якоря по продольной оси на полюс

$$AW_d = (0{,}06 \div 0{,}1) \cdot \tau \cdot AS,$$

$$AW_d = 0{,}08 \cdot \tau \cdot AS = 0{,}08 \cdot 18{,}8 \cdot 172 = 260.$$

29. Число витков на полюс и площадь поперечного сечения шунтовой обмотки

а) число витков на полюс

$$W_ш = \frac{\Sigma AW}{I_ш} = \frac{1\,845}{1{,}9} \approx 980,$$

где

$$I_ш = (1{,}2 \div 10\%) I_н.$$

Берем $I_ш = 3{,}2\%$. $I_н = 0{,}032 \cdot 60 = 1{,}9a$,

в табл. 11 по приблизительно намеченной мощности $P = U_н \cdot I_н \cdot \eta = 220 \cdot 60 \cdot 0{,}83 = 11{,}0$ *квт*, задаваясь $\eta = 0{,}83$ по табл. 8;

б) площадь поперечного сечения шунта

$$s_ш = \frac{I_ш}{\Delta_ш} = \frac{1{,}9}{3{,}5} = 0{,}54 \text{ мм}^2,$$

задаемся $\Delta_ш = 3{,}5$ *а/мм²* по табл. 4.

Берем ⌀0,83 ПБО в 1 параллельный провод, соединяем катушки между собой последовательно.

Проверяем:

$$s_ш = \frac{(1{,}1 \div 1{,}2) \cdot k_t \cdot 2p\Sigma AW \cdot l_ш}{5\,700 \cdot U_н},$$

$$l_ш = 2 \cdot (l_m + b_к) + 2(b_m + b_к) = 2(20{,}8 + 3) +$$

$$+ 2 \cdot (7 + 3) = 2 \cdot 23{,}8 + 2 \cdot 10 = 67{,}6 \approx 68 \text{ см},$$

задаемся

$$b_к = 30 \text{ мм}$$

(обычно $b_к = 2 \div 6$ *см*),

$$s_ш = \frac{1{,}1 \cdot 1{,}26 \cdot 1\,845 \cdot 68 \cdot 4}{5\,700 \cdot 220} = 0{,}56 \text{ мм}^2,$$

что близко к расчетному сечению.

Сопротивление шунтовой обмотки

$$r_ш = \frac{k_t \cdot 2p \cdot W_ш \cdot l_ш}{5\,700 \cdot s_ш} = \frac{1{,}26 \cdot 4 \cdot 980 \cdot 68}{5\,700 \cdot 0{,}54} = 108 \text{ ом},$$

окончательно ток в шунтовой обмотке найден:

$$I_ш = \frac{U}{r_ш} = \frac{220}{108} \approx 2a.$$

Проверка на заполнение обмоткой пространства между полюсами

$$s_\delta \geqslant 2h_к b_к = 2 \cdot 2{,}5 \cdot 3 = 15 \text{ см}^2,$$

$$h_к = \frac{AW_ш}{100 \cdot \Delta_ш \cdot k_в \cdot b_к} = \frac{1\,845}{100 \cdot 3{,}7 \cdot 0{,}67 \cdot 3} = 2{,}5 \text{ см},$$

$$k_в \approx 0{,}8 \left(\frac{d}{d_1}\right)^2 = 0{,}8 \cdot \left(\frac{1{,}16}{1{,}27}\right)^2 = 0{,}67,$$

$$s_\delta \approx \left[\frac{\tau_{мин} + \tau_{макс} - 2(b_m + 2b_к)}{2}\right] \cdot h_m =$$

$$= \left[\frac{27{,}2 + 18{,}8 - 2(7 + 23)}{2}\right] \cdot 5{,}3 \approx 53 \text{ см}^2,$$

$$\tau_{мин} = \tau = 18{,}8 \text{ см};$$

$$\tau_{макс} = \frac{\pi (D_a + 2h_m)}{2p} = \frac{3{,}14(24 + 2 \cdot 5{,}3)}{4} = 27{,}2 \text{ см},$$

откуда $s_\delta = 53 > 15$ *см²*, что допустимо с большим запасом.

30. Номинальный ток машины. Ток якоря $I_a = I_н \pm I_ш$:

$I_н = I_a - I_ш = 60 - 2 = 58$ *а* для генератора;

$I_н = I_a + I_ш = 60 + 2 = 62$ *а* для двигателя.

31. Мощность машины

$P_г = U_н \cdot I_н = 230 \cdot 58 \approx 13$ *квт* для генератора;

$P_{дв} = U_н \cdot \eta \cdot I_н = 220 \cdot 62 \cdot 0{,}83 \approx 11{,}0$ *квт* для двигателя.

32. Число оборотов машины в режиме генератора

$$n_г = (1{,}05 \div 1{,}1) \cdot n_д \cdot \left(\frac{U_г + \Delta U}{U_{дв} - \Delta U}\right) =$$

$$= 1{,}05 \cdot 800 \left(\frac{230 + 10}{220 - 10}\right) = 960 \text{ об/мин},$$

$$n_г = 960 \text{ об/мин}.$$

33. Шаги обмоток по пазам и коллектору

$$y_п = \frac{z}{2p} = \frac{36}{4} = 9\,(1 - 10);$$

$$y_к = \frac{k \pm a}{p} = \frac{107 - 1}{2} = 53\,(1 - 54).$$

34. Нагрев коллектора

$$\Delta t_к^\circ = \frac{C \cdot (p_{кр} + p_{кщ})}{s_к (1 + 0{,}1 \cdot v_к)} = \frac{100}{690} \cdot \frac{(18 + 248)}{(1 + 0{,}1 \cdot 7{,}3)} =$$

$$= \frac{100 \cdot 264}{690 \cdot 1{,}73} = 22^\circ C \leqslant 65^\circ C$$

$$(C = 60 \div 150).$$

Потери на трение щеток о коллектор

$$p_{кр} = 0{,}35 \cdot s_щ \cdot v_к = 0{,}35 \cdot 7{,}2 \cdot 7{,}3 = 18 \text{ } вт,$$

$$s_щ = 2 \cdot 1{,}2 \cdot 3{,}0 = 7{,}2 \text{ } см^2.$$

$$\Delta_щ = \frac{I_щ}{s_щ} = \frac{30}{7{,}2} = 4{,}2 \text{ } а/см^2$$

(плотность тока нормальна даже для твердых щеток),

$$I_щ = \frac{I_a}{p} = \frac{60}{2} = 30 \text{ } а.$$

Потери в промежуточном контакте

$$p_{к.щ} = 2I \cdot \Delta E = 2 \cdot 62 \cdot 2 = 248 \text{ } вт,$$

$s_к = \pi D_к l_к = 3{,}14 \cdot 17 \cdot 12{,}5 = 690$ $см^2$, ($\Delta E = 2$ *в* до 440 *в*).

35. Расчет бандажа:

а) Берем материал бандажной проволоки; сталь ∅ 0,5 *мм*.

б) Угонное число оборотов

$$n_{уг} = 1{,}2 \cdot n_{н.ген} = 1{,}2 \cdot 960 = 1150 \text{ об/мин}.$$

в) Напряжение от собственной центробежной силы бандажа

$$\sigma_1 = k_\gamma \cdot D_1^2 \cdot \left(\frac{n_{угон.}}{1\,000}\right)^2 =$$

$$= 0{,}022 \cdot 24^2 \left(\frac{1\,150}{1\,000}\right)^2 \approx 17 \text{ } кг/см^2,$$

$D_1 \approx D_a = 240$ *мм*, $k_\gamma = 0{,}022$ для стальной проволоки.

г) Веса отдельных участков обмотки вместе с изоляцией, удерживаемые бандажом. Вес для пазовой части обмотки

$$G_п = 9{,}35 \cdot z \cdot N_п \cdot l'_a \cdot s_м \cdot 10^{-5} = 9{,}35 \cdot 36 \cdot 12 \cdot 21{,}9 \times$$

$$\times 6 \cdot 10^{-5} \approx 5{,}3 \text{ } кг,$$

$$s_м = 2 \cdot 0{,}785 \cdot 1{,}95^2 = 6 \text{ } мм^2,$$

$$l'_a = l_a + 2 \cdot (1 \div 1{,}5) = 216 + 2 \cdot 1{,}5 =$$

$$= 219 \text{ } мм = 21{,}9 \text{ } см.$$

Вес лобовой части со стороны, противоположной коллектору:

$$G_s = 9{,}35 \cdot z \cdot N_п \cdot l_s \cdot s_м \cdot 10^{-5} =$$

$$= 9{,}35 \cdot 36 \cdot 12 \cdot 21{,}5 \cdot 6 \cdot 10^{-5} = 5{,}2 \text{ } кг,$$

$$l_s \approx k_p \frac{\pi \cdot (D_a - h_п)}{2p} - 2(1 \div 1{,}5)\, см =$$

$$= 1{,}5 \cdot \frac{3{,}14\,(24 - 3{,}3)}{4} - 2 \cdot 1{,}5 = 21{,}5 \text{ } см.$$

Вес лобовой части со стороны коллектора

$$G_к = G' + G_0 = 5{,}9 + 1{,}3 = 7{,}2 \text{ } кг,$$

$$G' = 9{,}35 \cdot z \cdot N_п \cdot l'_s \cdot s_м \cdot 10^{-5} =$$

$$= 9{,}35 \cdot 36 \cdot 12 \cdot 24{,}5 \cdot 6 \cdot 10^{-5} = 5{,}9 \text{ } кг,$$

$$l'_s = \frac{\pi\,(D_a - h_п)}{2p} = 1{,}5 \cdot \frac{3{,}14\,(24 - 3{,}3)}{4} = 24{,}5 \text{ } см,$$

$$G_0 = 0{,}12\, G_м = 0{,}12 \cdot 11{,}1 \approx 1{,}3 \text{ } кг,$$

$$G_м = 9{,}35 \cdot z \cdot N_п \cdot l_{обм} \cdot s_м \cdot 10^{-5} = 9{,}35 \cdot 36 \cdot 12 \times$$

$$\times 46{,}1 \cdot 6 \cdot 10^{-5} = 11{,}1 \text{ } кг,$$

$$l_{обм} = l_a + k_p \frac{\pi\,(D_a - h_п)}{2p} = 21{,}6 + 1{,}5 \times$$

$$\times \frac{3{,}14(24 - 3{,}3)}{4} = 21{,}6 + 24{,}5 = 46{,}1 \text{ } см.$$

д) Число витков бандажа пазовой части

$$w_n = 1,13 \cdot \frac{G_n \cdot D_2}{d^2 \cdot (R_z - \sigma_1)} \cdot \left(\frac{n_{yz}}{1\,000}\right)^2 =$$

$$= 1,13 \cdot \frac{5,3 \cdot 20,7}{(0,05)^2 \cdot (3\,000 - 17)} \cdot \left(\frac{1\,150}{1\,000}\right)^2 \approx 22,$$

$$D_2 = D_a - h_n = 24 - 3,3 = 20,7 \text{ см}.$$

Берем $R_z = 3\,000$ *кг/см²* (допускаемое напряжение растяжения в бандаже для стальной проволоки).

Для удобства размещения разбиваем число витков на два отдельных бандажа $\frac{w_n}{2} = \frac{22}{2} = 11$ витков.

е) Окружная скорость якоря при угонных числах оборотов

$$v_{ayz} = \frac{\pi D_a \cdot n_{yz}}{60} = \frac{3,14 \cdot 0,24 \cdot 1\,150}{60} = 14,5 \text{ м/сек},$$

что вполне допустимо.

ж) Число витков бандажа лобовой части, противоположной стороны коллектора:

$$w'_s = 1,13 \frac{G_s \cdot D'_2}{d^2 \cdot (R_z - \sigma_1)} \cdot \left(\frac{n_{yz}}{1\,000}\right)^2 =$$

$$= 1,13 \cdot \frac{5,2 \cdot 20,7}{0,05^2 \cdot (3\,000 - 17)} \cdot \left(\frac{1\,150}{1\,000}\right)^2 \approx 22.$$

з) Общее число витков бандажа лобовой части со стороны коллектора

$$w_к = 1,13 \cdot \frac{G_к \cdot D'_2}{d^2 \cdot (R_z - \sigma_1)} \cdot \left(\frac{n_{yz}}{1\,000}\right)^2 =$$

$$= 1,13 \cdot \frac{7,2 \cdot 19,2}{0,05^2 \cdot (3\,000 - 17)} \cdot \left(\frac{1\,150}{1\,000}\right)^2 \approx 28,$$

где $D'_2 = D_2 - (1 \div 1,5) = 20,7 - 1,5 = 19,2$ *см*.

и) Суммарное число витков

$$w = w_n + w'_s + w_к = 22 + 22 + 28 = 72.$$

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

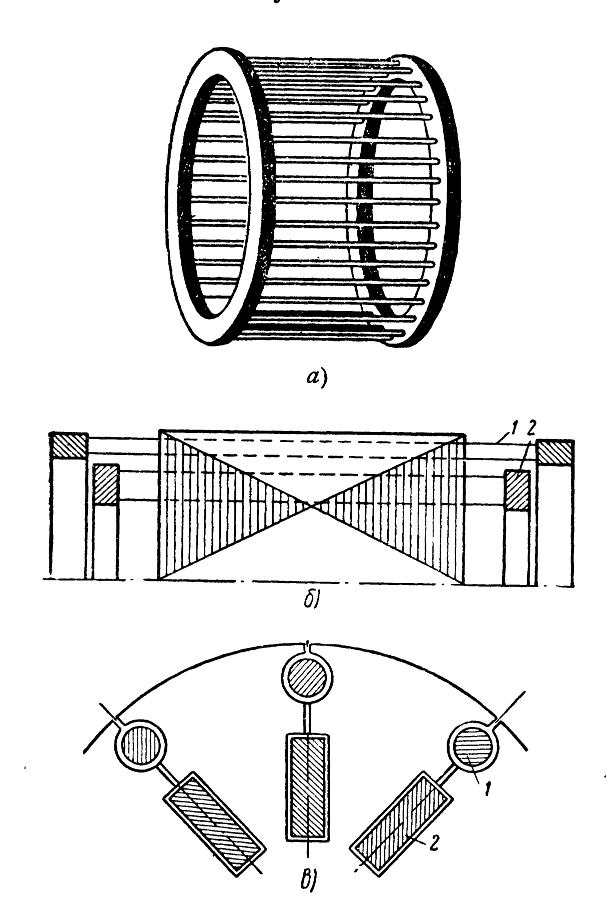
ОБМОТКИ МАШИН ПЕРЕМЕННОГО ТОКА

28. КЛАССИФИКАЦИЯ ОБМОТОК

Обмотки машин переменного тока можно подразделить на три основные группы по следующим признакам:

1) по способу заполнения пазов — однослойные и двухслойные;

2) по конструктивным исполнениям—двухъярусные, трехъярусные, шаблонные, стержневые и короткозамкнутые:



Фиг. 31. Беличья клетка.

а — одинарная клетка; *б* и *в* — двойная клетка.
1 — наружная пусковая клетка; *2* — внутренняя рабочая клетка.

3) по числу фаз — однофазные, двухфазные, трехфазные и т. д.

Однослойные обмотки могут быть выполнены либо вручную отдельными катушками (катушечными группами), либо секциями („мягкими" и „жесткими" — шаблонами).

Двухслойные обмотки с укорочением шага по пазам выполняются в два слоя готовыми секциями и по способу укладки в пазы разделяются на: а) обмотки с „мягкими" (всыпными секциями) и б) обмотки с „жесткими" секциями (шаблонами).

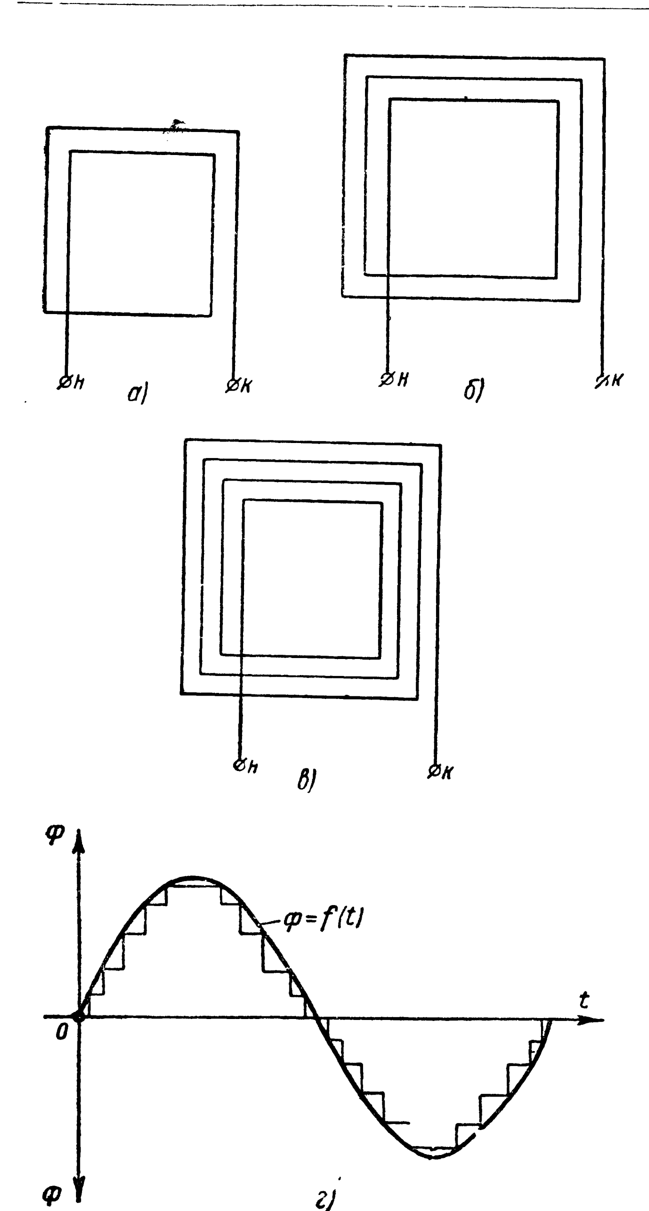
Короткозамкнутая обмотка („беличья" клетка) устраивается на роторе асинхронного двигателя и в полюсах индуктора синхронной машины. Простая „беличья" клетка состоит из стержней либо круглого сечения, либо прямоугольного и двух колец (фиг. 31). Для глубоких пазов стержни изготовляются узкими и высокими. Короткозамкнутый ротор машин до 100 *квт* часто выполняют заливкой алюминием.

29. ОДНОСЛОЙНЫЕ „КАТУШЕЧНЫЕ" (КОНЦЕНТРИЧЕСКИЕ) ОБМОТКИ

Катушечная обмотка выполняется в виде отдельных элементарных катушек разной ширины, которые последовательно соединяются между собой и образуют катушечные группы. Катушечная группа состоит из последовательно соединенных двух, трех и т. д. катушек. Число таких последовательно соединенных катушек или сторон катушек характеризует число пазов на полюс и фазу (q), и чем больше q, тем больше ступеней и ближе форма поля к синусоиде (фиг. 32,2).

Проводники катушечных обмоток в зависимости от формы паза могут вкладываться в пазы через прорези (полузакрытый паз) или просовываться с торца ротора (закрытый паз). Последний способ носит название обмотки „впротяжку".

Катушечные группы схематично показаны на фиг. 32, *а*, *б*, *в*.



Фиг. 32. Катушечные группы однослойной обмотки при различных числах пазов на полюс и фазу.

а) $q = 2$; *б*) $q = 3$; *в*) $q = 4$; *г* — кривая поля фазы (чем больше q, тем больше ступеней).

Максимальное число параллельных ветвей обмотки равно числу пар полюсов, т. е. $a_{макс} = p$. При нечетном числе пар полюсов катушечные группы нельзя выполнить в две параллельные ветви. Кроме того, в двухъярусных обмотках у одной из катушек лобовую часть приходится делать перекошенной („косая" катушка), так как одна сторона ее выходит из короткой катушки, а другая — из длинной.

Число катушечных групп находим по формуле

$$n_к = m \cdot p,$$

где $n_к$ — число катушечных групп;

m — число фаз;

p — число пар полюсов.

Число пазов между внутренними сторонами катушки

$$n_п = \frac{z}{n_к} = 2q.$$

В трехфазной системе катушка одной фазы отстоит от катушки другой фазы на 120 электрических градусов, т. е. на $^1/_3$ двухполюсного деления или на $^2/_3$ ширины катушки.

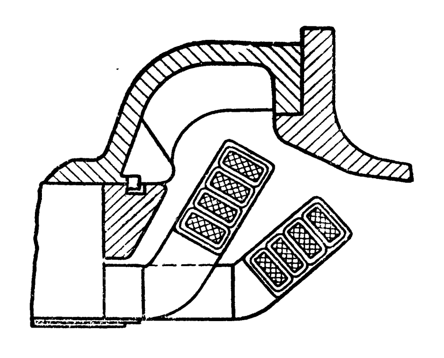
Число пазов

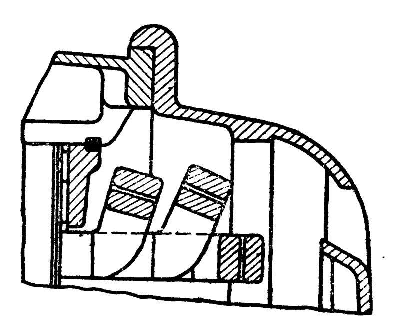
$$z = 2p \cdot m \cdot q,$$

откуда число пазов на полюс — фазу $q = \frac{z}{2pm}$.

Простые катушечные обмотки могут быть применены как в статоре, так и в роторе асинхронных двигателей, особенно малой мощности.

Лобовые части катушечных обмоток могут располагаться в два или в три яруса (фиг. 33). Отсюда обмотки получили названия двухъярусных (двухплоскостных) и трехъярусных (трехплоскостных).





Фиг. 33. Формы лобовых частей однослойных обмоток.

а — двухъярусная обмотка; *б* — трехъярусная обмотка.

Катушечные группы можно разделить на полугруппы из двух концентрических катушек, называемых полукатушками. Если число пазов на полюс и фазу четное, то обе полукатушки получаются одинаковыми. Такие обмотки носят название обмоток „вразвалку".

30. СОЕДИНЕНИЕ ФАЗ ТРЕХФАЗНОЙ ОБМОТКИ

В трехфазных машинах применяются два основных соединения фаз: в „звезду" (⅄) и в „треугольник" (△) (фиг. 34). Соединение фаз производится на доске зажимов (фиг. 35). При соединении фаз в звезду $I_{ф⅄} = I_л$, а фазное напряжение в $\sqrt{3}$ раз меньше линейного:

$$U_{ф⅄} = \frac{U_л}{\sqrt{3}}.$$

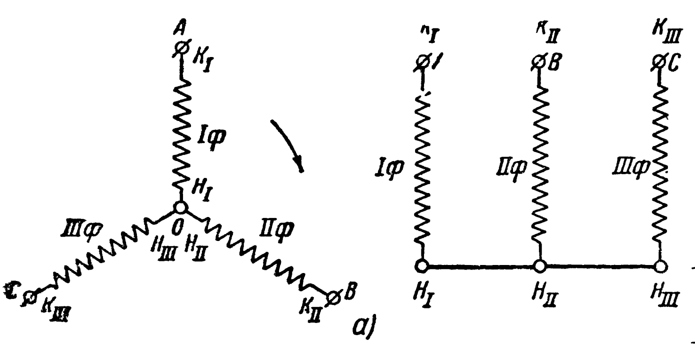
При соединении в треугольник

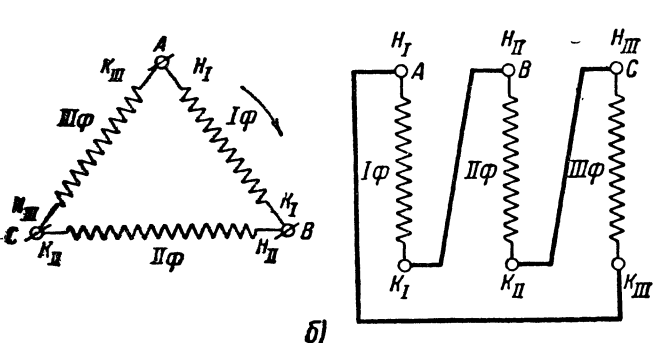
$$I_ф = \frac{I_л}{\sqrt{3}}, \text{ а } U_{ф\triangle} = U_л$$

(фиг. 36).

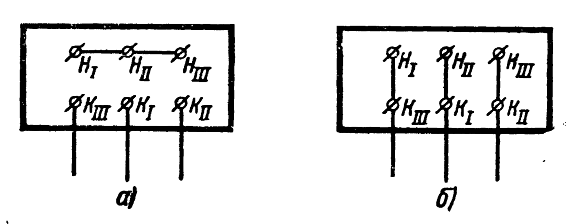
Для большей наглядности эти соотношения приведены в форме таблицы (табл. 12).

Один и тот же асинхронный двигатель может работать от сети с напряжением 380 *в* при соединении фаз в звезду и от сети 220 *в* при соединении фаз в треугольник.

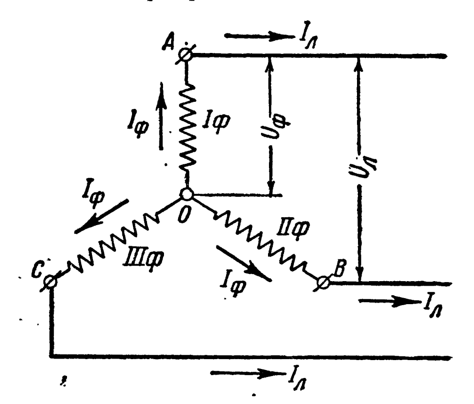


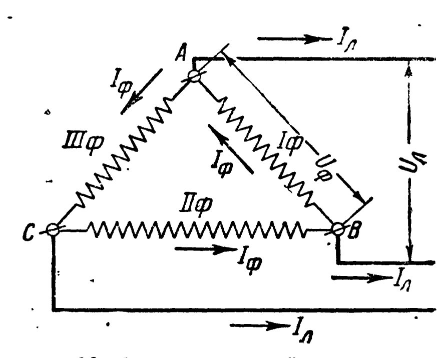


Фиг. 34. Соединение фаз трехфазной обмотки.
а — в „звезду"; *б* — в „треугольник".



Фиг. 35. Схема доски зажимов машины трехфазного тока.





Фиг. 36. Фазные и линейные токи и напряжения.

Таблица 12

Соединение фаз	„Звезда" ⅄	„Треугольник" △
Сила тока	$I_л = I_ф$	$I_л = \sqrt{3} \cdot I_ф$
Напряжение . . .	$U_л = \sqrt{3} \cdot U_ф$	$U_л = U_ф$

31. ОДНОФАЗНЫЕ „КАТУШЕЧНЫЕ" ОБМОТКИ

Однофазные обмотки выполняются „вразвалку" и на практике встречаются в статорах асинхронных двигателей малой мощности. Начало обмотки берут извне катушки. Для того чтобы намотать однофазную обмотку, необходимо увеличить вдвое фазную зону по сравнению с зоной трехфазной обмотки, т. е.

обмотку распределить на зоне $^2/_3$ от полюсного деления или 120 электрических градусов. Однофазная обмотка заполняет $^2/_3$ пазов, а $^1/_3$ пазов статора останутся неиспользованными. В них вкладывается пусковая обмотка, которая позволяет осуществить во время пуска двухфазное вращающееся поле, иначе мы получили бы пульсирующее поле и двигатель не пошел бы в ход. Для создания пускового двухфазного поля необходимо не только расположить вспомогательную обмотку под углом в 90 электрических градусов к главной (рабочей), но и сдвинуть в ней ток по фазе на 90°. Последнее достигается за счет большого индуктивного сопротивления пусковой обмотки или включением дополнительного реактивного сопротивления.

Во время пуска вспомогательная обмотка приключается к рабочей параллельно и после того, как двигатель развернется, выключается. Число необмотанных пазов между сторонами рабочей и пусковой обмоток выбирается:

$$n_{п\,(р)} = 2q_п \text{ и } n_{п\,(п)} = 2q_р.$$

Порядок следования катушек обмоток следующий:

$$1р - 1п - 2р - 2п \text{ и т. д. (фиг. 37).}$$

Однофазные двигатели малой мощности применяются для приводов бытовых нужд (вентиляторы, холодильники), а двигатели средней мощности — для приводов промышленных, требующих малого пускового момента.

Недостатки однофазного двигателя по сравнению с трехфазным следующие:

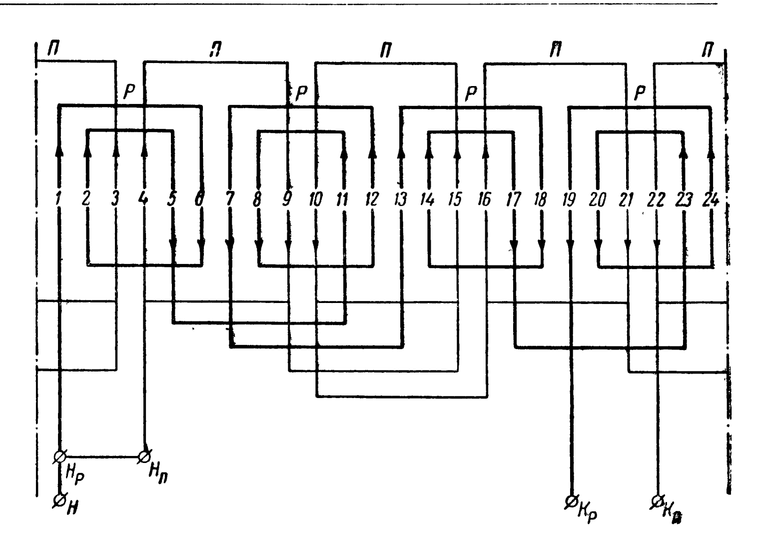
1) необходимость специальных пусковых устройств;

2) ток холостого хода примерно в $\sqrt{3}$ раз больше, а ток короткого замыкания — в $\frac{\sqrt{3}}{2}$ раз меньше, чем у трехфазного;

3) максимальный момент (перегрузочный) приблизительно вдвое ниже, а $\cos\varphi$ хуже, чем у трехфазного;

4) при одинаковых с трехфазным двигателем габаритах мощность однофазного двигателя равна примерно 70% мощности трехфазного, а потери выше, чем в трехфазном (к.п.д. ниже примерно на 1%, а $\cos\varphi$ — на 10%).

В настоящее время появились однофазные индукционные двигатели малой и средней мощности с высокими пусковыми и рабочими характеристиками.



Фиг. 37. Схемы рабочей и пусковой обмоток однофазного асинхронного двигателя.

32. ОДНОСЛОЙНЫЕ СЕКЦИОННЫЕ ОБМОТКИ

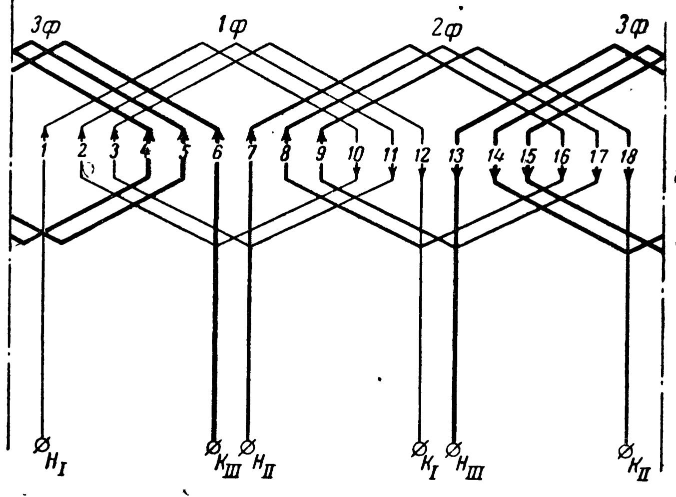
Однослойные трехфазные секционные обмотки являются симметричными и выполняются в виде отдельных секций — шаблонов. Эти обмотки подразделяются на следующие:

1) простые шаблонные, не применяющиеся на практике из-за конструктивных затруднений;

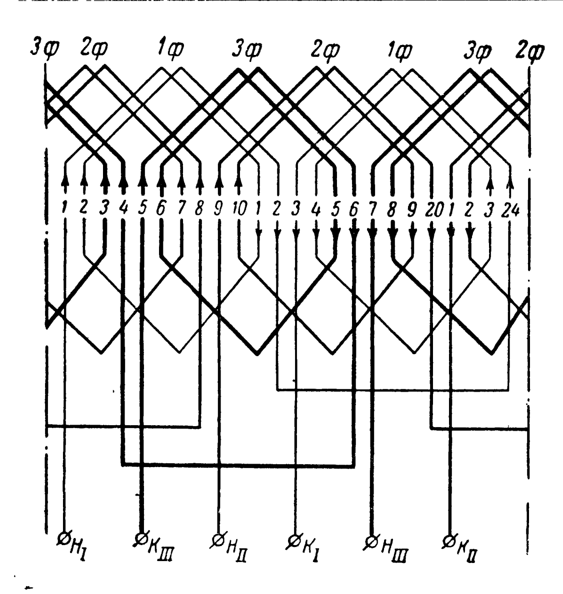
2) обмотки шаблонные „вразвалку";

3) цепные обмотки.

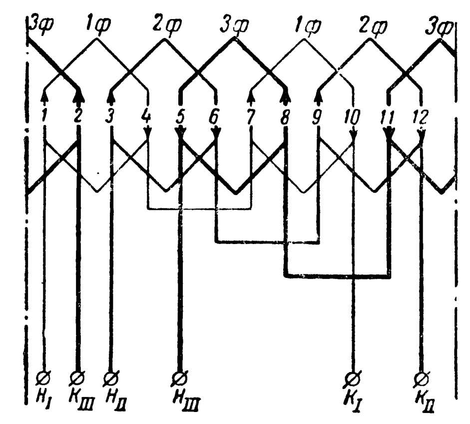
Все перечисленные обмотки имеют секции одинаковых размеров и формы и при любом числе полюсов их фазы имеют одинаковые активные и индуктивные сопротивления. Схе-



Фиг. 38. Схема однослойной простой шаблонной обмотки.



Фиг. 39. Схема однослойной шаблонной обмотки „вразвалку".



Фиг. 40. Схема однослойной цепной обмотки.

мы секционных обмоток даны на фиг. 38, 39 и 40.

В простой катушечной обмотке и в простой шаблонной q начал чередуются с q концами, а в обмотках „вразвалку" как катушечной, так и шаблонной $\frac{q}{2}$ начал чередуются с $\frac{q}{2}$ концами, если q — четное число и $\frac{q-1}{2}$ начал с $\frac{q-1}{2}+1$ концами при q — нечетном числе.

В шаблонных обмотках „вразвалку" все катушки мотаются в одну и ту же сторону, обычно в правую, т. е. по часовой стрелке. С левой стороны секции берут начало, с правой — конец. При $q=4$ каждая катушечная группа состоит из двух элементарных катушек.

В некоторых однослойных секционных обмотках одно начало чередуется с одним концом. Эти обмотки получили название „цепные". Шаг по пазам цепной обмотки $y_п=\frac{z}{2p}$ должен всегда являться числом нечетным, так как при четном шаге обмотка невыполнима.

Число катушек однослойной секционной обмотки равно половине числа пазов

$$n_{к.\,с}=\frac{z}{2}.$$

Отношение числа катушек секционной обмотки к числу катушечных групп концентрической обмотки должно выражаться четным числом

$$\frac{n_{к.\,с}}{n_к}=2,\ 4,\ 8 \text{ и т. д.}$$

Если это отношение выражается нечетным числом, то следует перейти к намотке однослойной обмотки с двойными или чередующимися шагами.

33. ОДНОСЛОЙНЫЕ СЕКЦИОННЫЕ ОБМОТКИ С ДВОЙНЫМИ ИЛИ ЧЕРЕДУЮЩИМИСЯ ШАГАМИ

Однослойные секционные обмотки с двойными или чередующимися шагами—это одна из разновидностей секционных обмоток. Они составляются из двойных последовательно соединенных секций или из двойных и одиночных секций, а следовательно имеют два шага по пазам. Один шаг по пазам является нормальным, другой—укороченным, или один шаг укороченным, другой—удлиненным, или один—нормальным, а другой—удлиненным. В практике эти обмотки получили название катушечно-секционных.

Эти обмотки удобны в смысле уменьшения числа паек, но рассеяние в лобовых частях будет повышенным по сравнению с цепными. Они выполнимы и при дробном числе пазов на полюс и фазу. Эти обмотки особенно удобны при числе катушечных групп, в два раза большем числа катушек катушечной концентрической обмотки. Например, при числе пазов на полюс и фазу $q=4$ все катушки-секции можно мотать двойными

На фиг. 41 приведена схема однослойной секционной обмотки с чередующимися шагами при $q=3$.

34. УКОРОЧЕНИЕ ШАГА ОБМОТКИ ПО ПАЗАМ В ОДНОСЛОЙНОЙ СЕКЦИОННОЙ ОБМОТКЕ И ОБМОТОЧНЫЙ КОЭФФИЦИЕНТ

Как известно, в цепных обмотках шаг по пазам является нечетным числом и, следовательно, вторая сторона секции должна попасть в четный паз. Если по расчету получается четный шаг, тогда для выполнимости обмотки его делают нечетным, на единицу меньшим расчетного, например, при $y_n=6$ следует брать шаг $y'_n=5$, что дает укорочение шага на один паз.

Укорочение шага влияет на величину индуктированной э. д. с. в обмотке, так как обмоточный коэффициент уменьшается.

Укорочение шага обмотки в долях от полюсного деления

$$\beta=\frac{y_n-n_y}{y_n},$$

где n_y — число пазов укорочения.

Коэффициент укорочения

$$f_\kappa=\sin\left(\beta\cdot\frac{\pi}{2}\right)$$

(для простой катушечной обмотки $\beta=1$ и $f_\kappa=1$).

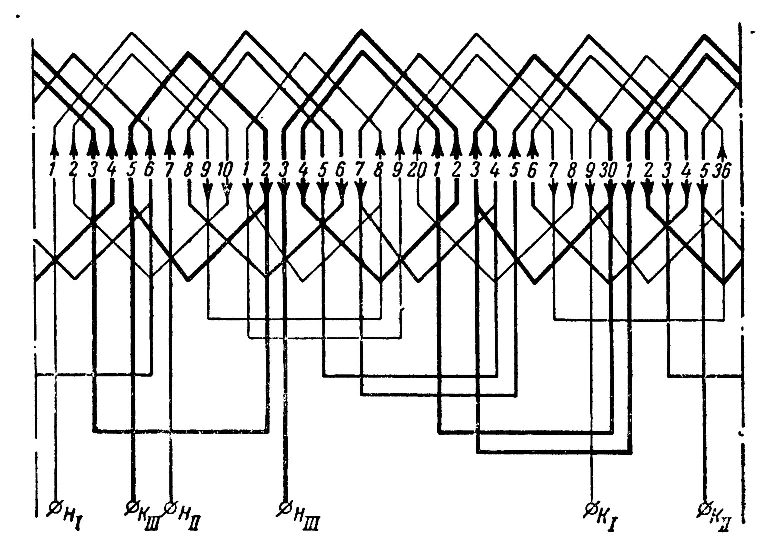
Коэффициент распределения обмотки

$$f_a=\frac{\sin\cdot\frac{\pi}{2m}}{q\cdot\sin\frac{\pi}{2mq}}.$$

Общий обмоточный коэффициент

$$f_w=f_a\cdot f_\kappa.$$

Значения обмоточных коэффициентов даны в табл. 12а.



Фиг. 41. Схема однослойной секционной обмотки с чередующимися шагами.

Таблица 12а

Значения обмоточных коэффициентов трехфазной обмотки

q	β	f_w однослойной обмотки	f_κ	f_w двухслойной обмотки
2	$\frac{5}{6}$	0,966	0,966	0,933
3	$\frac{8}{9}$	0,96	0,985	0,945
3	$\frac{7}{9}$	0,96	0,94	0,902
4	$\frac{10}{12}$	0,958	0,986	0,925
4	$\frac{9}{12}$	0,958	0,924	0,884
5	$\frac{13}{15}$	0,957	0,978	0,937
5	$\frac{12}{15}$	0.957	0,951	0.91

35. ДВУХСЛОЙНЫЕ СЕКЦИОННЫЕ ТРЕХФАЗНЫЕ ОБМОТКИ

Двухслойные секционные обмотки имеют в пазах два слоя секций, подобно якорным обмоткам машин постоянного тока (фиг. 42). Каждая секция одной стороной вкладывается в верхний слой паза, а другой стороной—в нижний слой.

Число секций всегда равно числу пазов.

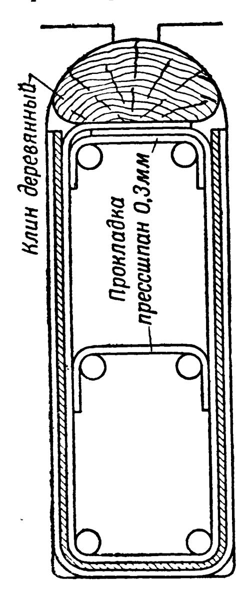
По схеме намотки двухслойные обмотки могут быть петлевыми и волновыми. Петлевые обмотки, главным образом, применяются для статоров, а волновые для роторов. В зависимости от формы и размеров сечения проводника секции обмоток бывают мягкими и жесткими.

Мягкие секции наматываются из круглого провода и вкладываются в пазы через прорези (всыпная обмотка), а жесткие секции вставляются в открытые пазы (стержневая обмотка). Для роторов стержневая обмотка выполняется разрезной из полустержней, которые вставляются в закрытые пазы с торца ротора.

Двухслойные обмотки имеют очень широкое распространение. Статоры и роторы машин

средней и большой мощности выполняются исключительно с двухслойными обмотками.

Процесс изготовления и укладки секций в пазы прост и дешев, что особенно важно при серийном производстве. Двухслойные обмотки допускают применение дробного числа пазов на полюс и фазу, а это позволяет один и тот же штамп статора использовать для машин с разными числами полюсов. Двухслойные обмотки допускают любое укорочение шага.



Фиг. 42. Укладка в паз двухслойной обмотки.

Укорочение шага рекомендуется выбирать примерно $0,8 \cdot y_n$, т. е. 0,8 от полного шага, тогда влияние высших гармоник поля будет наименьшее. Двухслойные обмотки с укорочением шага по пазам имеют следующие преимущества:

1) экономия меди за счет уменьшения длины лобовых частей;

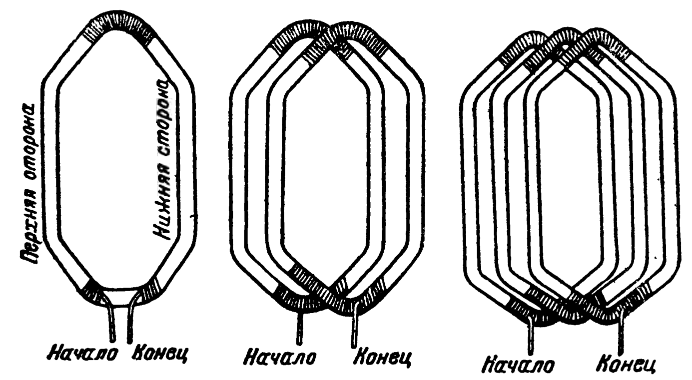
2) кривая поля становится близкой к синусоиде;

3) уменьшение индуктивного и активного сопротивлений;

4) повышенный к. п. д. и $\cos\varphi$.

Эти преимущества привели к массовому применению двухслойных обмоток с укорочением шага, которые вытеснили однослойные секционные и простые катушечные обмотки в крупных машинах.

В двухслойных секционных обмотках важную роль играет число пазов на полюс и фазу (q), которое характеризуется числом последовательно соединенных элементарных секций в катушечной группе данной фазы. На фиг. 43 показаны катушечные группы двухслойной обмотки. В двухслойной обмотке число катушек вдвое больше, чем в однослойной катушечной обмотке.



Фиг. 43. Катушечные группы двухслойной обмотки.

Катушечные группы можно соединять между собой в фазе либо последовательно, либо параллельно, либо последовательно-параллельно. Максимальное число параллельных ветвей всегда равно $2p$ и поэтому вдвое больше числа параллельных ветвей простой катушечной обмотки.

36. ДВУХСЛОЙНЫЕ ОБМОТКИ С ДРОБНЫМ ЧИСЛОМ ПАЗОВ НА ПОЛЮС-ФАЗУ

Двухслойные обмотки с дробным числом пазов на полюс и фазу часто встречаются в практике. Схемы обмоток с дробным числом пазов на полюс и фазу имеют некоторые особенности.

Для выполнения симметричной обмотки необходимо получить во всех трех фазах равные э. д. с. и одинаковый электрический угловой сдвиг между началами и концами фаз.

Кроме того, число катушек в каждой параллельной ветви фазы должно быть обязательно числом целым, т. е. $\frac{z}{ma}$ = целому числу. Дробное число пазов на полюс и фазу можно представить в виде следующего выражения:

$$q = b + \frac{c}{d} = \frac{bd + c}{d} \neq \text{целому числу},$$

где d — знаменатель дроби;

c — числитель дроби;

b — целое число смешанной дроби.

Например, если $q = 1\frac{1}{2} = 1 + \frac{1}{2}$, то

$$b = 1, \quad c = 1, \quad d = 2.$$

Знаменатель d по условию симметрии обмотки не должен быть кратным 3.

Для условия симметрии также необходимо, чтобы $\frac{2p}{a \cdot d}$ = целому числу (a — число параллельных ветвей). Но для дробного q такое условие не всегда выполнимо. Например, при $2p = 6$, $q = 1^1/_2$ и $a = 2$

$$\frac{2p}{a \cdot d} = \frac{6}{2 \cdot 2} = 1,5, \text{ т. е. не равно целому числу.}$$

Число катушек на одну параллельную ветвь фазы

$$\frac{z}{m\cdot a}=\frac{2p\cdot m\cdot\left(\frac{bd+c}{d}\right)}{m\cdot a}=\frac{2p}{a\cdot d}\cdot(bd+c)=$$
$$=\frac{6}{2\cdot 2}\cdot(1\cdot 2+1)=\frac{6}{4}\cdot 3=\frac{18}{4}=4{,}5,$$

т. е. также не равно целому числу.

Вследствие этого получается в каждой параллельной ветви не целое число катушек, не равные э. д. с., а, следовательно, появятся уравнительные токи, которые вызовут дополнительные потери и нагрев обмотки.

Чтобы избежать этого, необходимо катушечные группы каждой фазы при дробном числе пазов на полюс и фазу располагать в таком порядке, который создавал бы одинаковые э. д. с. в параллельных ветвях.

Катушечные группы выполняются из целого числа элементарных катушек, и при дробном q должно быть чередование катушек то с большим числом элементарных катушек, то с меньшим. Таким образом, дробное число пазов на полюс и фазу понятие относительное и получается как среднее арифметическое число между числами элементарных катушек соседних катушечных групп.

Например, при $q=1\frac{1}{2}$ получается из чередования одной элементарной катушки и двух элементарных катушек обмотки (1,2) (1,2) (1,2) и т. д. Группу цифр 1,2 будем называть рядом обмотки.

Дробное число q, выражаемое как $q=b+\frac{c}{d}$, всегда находится в пределах $(b+1)>q>b$.

При $q=2^1/_2$ обмотка состоит из катушечных групп, содержащих по 2 и 3 элементарные катушки.

Пусть A — число катушечных групп фазы, состоящих из b катушек,

B — число катушечных групп фазы, состоящих из $(b+1)$ катушек. Тогда общее число катушечных групп фазы будет:

$$A+B=\frac{n_к}{m}=\frac{2pm}{m}=2p.$$

Сумма чисел элементарных катушек фазы выразится:

$$A\cdot b+B\cdot(b+1)=b(A+B)+B=2pb+B,$$

но

$$2pb+B=2pq=2p\cdot\left(\frac{bd+c}{d}\right)=2pb+2p\cdot\frac{c}{d},$$

откуда

$$B=2p\cdot\frac{c}{d}$$

и

$$A=2p-B=2p-2p\cdot\frac{c}{d}=2p\cdot\left(1-\frac{c}{d}\right).$$

Следовательно,

$$A=2p\cdot\left(1-\frac{c}{d}\right).$$

В обмотке, имеющей a параллельных ветвей, уравнения примут следующий вид:

$$\frac{A}{a}=\frac{2p}{a}\cdot\left(1-\frac{c}{d}\right) \text{ и } \frac{B}{a}=\frac{2p}{a}\cdot\frac{c}{d},$$

т. е. число элементарных катушек в a раз меньше, чем при последовательном соединении.

Пример 1. Дана десятиполюсная обмотка, имеющая число пазов на полюс и фазу

$$q=4\frac{1}{2} \text{ и } a=5,$$

тогда

$$\frac{A}{a}=\frac{2p}{a}\cdot\left(1-\frac{c}{d}\right)=\frac{10}{5}\cdot\left(1-\frac{1}{2}\right)=\frac{10}{5}\cdot\frac{1}{2}=$$
$$=1, \text{ а } \frac{B}{a}=\frac{2p}{a}\cdot\frac{c}{d}=\frac{10}{5}\cdot\frac{1}{2}=1.$$

В данной обмотке каждая параллельная ветвь состоит из одной катушечной группы, имеющей четыре элементарных катушки (четыре последовательно соединенные секции), и одной катушечной группы, имеющей пять элементарных катушек.

Таким образом, $q=\frac{4+5}{2}=4\frac{1}{2}$ и является средним арифметическим числом чисел 4 и 5.

Число пазов $z=2p\cdot m\cdot q=10\cdot 3\cdot 4{,}5=135$.

Для создания симметрии поля катушечные группы обмотки должны чередоваться по закономерному ряду цифр, состоящих из $(b+1)$ и b элементарных катушек.

Число рядов обмотки

$$n_р=\frac{2pm}{d},$$

где d — знаменатель дроби.

Число цифр в каждом ряду равно общему знаменателю дроби d, не кратному трем, а сумма цифр в ряду равна числителю неправильной дроби, т. е.

$$N_р=bd+c.$$

Пример 2. Дано дробное число пазов на полюс и фазу $q=1\frac{1}{2}$, число полюсов $2p=4$, число фаз $m=3$. Необходимо определить число рядов обмотки и составить ряд, а также чередование катушечных групп обмотки.

Так как

$$q=b+\frac{c}{d}=1+\frac{1}{2},$$

где

$b < q < (b+1)$, то $b=1$, $b+1=2$, $c=1$ и $d=2$.

Число пазов $z=2p\cdot m\cdot q=4\cdot 3\cdot 1{,}5=18$.

Число цифр в каждом ряду $d=2$.

Сумма цифр в ряду $N_p=b\cdot d+c=1\cdot 2+1=3$.

Число рядов $n_p=\frac{2p\cdot m}{d}=\frac{4\cdot 3}{2}=6$.

Ряд цифр (1,2).

Чередование катушечных групп в обмотке или суммарное количество рядов:

(1,2) (1,2) (1,2) (1,2) (1,2) (1,2)

При дробных пазах на полюс и фазу для наглядности можно катушечные группы размещать в таблице (табл. 10), где строго соблюдать:

1) $z_{m1}=z_{m2}=z_{m3}=\frac{z}{m}=$ целому числу, иначе будет неравномерная нагрузка фаз;

2) $z_{2p1}-z_{2p2}=\pm 1$ и $z_{2p2}-z_{2p3}=\pm 1$, или, что лучше, $z_{2p1}-z_{2p2}=0$.

Таблица 13

Полюсы	Фазы		
	I	III	II
I полюс	—	—	—
II „	—	—	—
III „	—	—	—
IV „	—	—	—
$\frac{z}{m}$	z_{m_1}	z_{m_3}	z_{m_2}

Пример 3. Дано $z=27$, $2p=4$, $m=3$. Составить чередование катушечных групп обмотки и разместить их в таблице.

Число пазов на полюс-фазу

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{27}{4\cdot 3}=2^1/_4,$$

$q=b+\frac{c}{d}=2+\frac{1}{4}$, откуда $b=2$, $c=1$, $d=4$ и $b+1=3$.

Число цифр в ряде $d=4$.

Сумма цифр в ряде $N_p=b\cdot d+c=2\cdot 4+1=9$.

Ряд цифр: (2223).

Число рядов обмотки $n_p=\frac{2p\cdot m}{d}=\frac{4\cdot 3}{4}=3$.

Чередование катушечных групп обмотки: (2223) (2223) (2223)

Таблица 14

Полюсы	Фазы		
	I	III	II
I полюс	2	2	2
II „	3	2	2
III „	2	3	2
IV „	2	2	3
$\frac{z}{m}$	9	9	9

Из табл. 14 видно, что $\frac{z}{m}=\frac{27}{3}=9$,

$\frac{z}{2p}=\frac{27}{4}=6{,}75$, $z_{2p1}=6$, $z_{2p2}=7$, $z_{2p3}=7$, $z_{2p4}=7$, что вполне удовлетворительно.

Хотя при знаменателе дроби, равном 3, обмотка получается несимметричной, но в практике, особенно при перемотке, такие обмотки все же применяются в случае необходимости использовать готовый статор для перемотки на другое число полюсов.

Построение схем обмотки с знаменателем дроби, равным 3, основано на специальных приемах подбора катушечных групп.

Для этого в каждом ряду увеличиваем на единицу число катушечных групп, состоящих из b или $(b+1)$ элементарных катушек, а последний ряд будет являться прибавкой до числа пазов z и поэтому состоять из какого-либо числа $(b+1)$ и b элементарных катушек [или только лишь из $(b+1)$ или из b].

Исходя из этого, каждый ряд обмотки будет состоять из числа цифр, на единицу больше общего знаменателя, кратного трем $(d+1)$, а сумма цифр увеличивается на $(b+1)$ или на b элементарных катушек.

Если в смешанной дроби при дробном числе пазов на полюс и фазу дробь меньше $^1/_2$ (например $^1/_3$), то необходимо прибавить к каждому ряду по b элементарных катушек, а при дроби, большей $^1/_2$ (например $^2/_3$), прибавить по $(b+1)$ элементарных катушек.

Сумма цифр в ряду при $\frac{c}{d}<{}^1/_2$ $N_p=bd+c+b=b(d+1)+c$ или окончательно

$$N_p=b\cdot(d+1)+c.$$

Сумма цифр в ряду при $\frac{c}{d}>\frac{1}{2}$

$$N_p=bd+c+b+1=b\cdot(d+1)+(c+1)$$

или окончательно

$$N=b\cdot(d+1)+(c+1).$$

Тогда для первого и второго случая дробного числа пазов на полюс и фазу числа одинаковых рядов

$$n_p=\frac{z}{N_p}-D,$$

где z — число пазов;

D — остаток, а сумма цифр в добавочном ряду определится:

$$N_д=z-n_p\cdot N_p.$$

Пример 1. Дано: $q=2^1/_3$, $2p=6$, $m=3$. Определить чередование катушечных групп обмотки.

При $q=b+\frac{c}{d}=2+{}^1/_3$, $b=2$, $c=1$, $b+1=3$, $d=3$.

Число цифр в ряду $d+1=3+1=4$.

Сумма цифр в ряду при $^1/_3<{}^1/_2$

$$N_p=b\cdot(d+1)+c=2\ (3+1)+1=9.$$

Ряд цифр: (2223)

Число пазов $z=2p\cdot m\cdot q=6\cdot 3\cdot 2^1/_3=42$.

Число одинаковых рядов $n_p=\frac{z}{N_p}-D=\frac{42}{9}-D=$
$=4{,}66-D$,

где $n_p=4$, $D=0{,}66$, т. е. неполный пятый ряд.

Сумма цифр добавочного ряда

$$N_д=z-n_p\cdot N_p=42-4\cdot 9=6.$$

Добавочный пятый ряд: (33).

Чередование катушечных групп обмотки:

(2223) (2223) (2223) (2223) (33)

Пример 2. Дано: $q=2^2/_3$, $2p=6$, $m=3$.

Определить чередование катушечных групп обмотки.

При $q=b+\frac{c}{d}=2+{}^2/_3$, $b=2$, $b+1=3$, $c=2$ и $d=3$.

Число цифр в ряду $d+1=3+1=4$.

Сумма цифр в ряду при $\frac{2}{3}>\frac{1}{2}$

$$N_p=b\ (d+1)+(c+1)=2\cdot(3+1)+(2+1)=11.$$

Ряд цифр: (2333).

Число пазов $z=2p\cdot m\cdot q=6\cdot 3\cdot 2^2/_3=48$.

Число одинаковых рядов

$$n_p=\frac{z}{N_p}-D=\frac{48}{11}-D=4{,}36-D,$$

откуда

$n_p=4$ и $D=0{,}36$ (неполный пятый ряд).

Сумма цифр добавочного ряда

$$N_д=z-n_p\cdot N_p=48-4\cdot 11=4.$$

Добавочный пятый ряд: (22).

Чередование катушечных групп обмотки:
(2333) (2333) (2333) (2333) (22).

37. ВЫБОР НАЧАЛ ФАЗ В ОБМОТКЕ С ДРОБНЫМ ЧИСЛОМ ПАЗОВ НА ПОЛЮС И ФАЗУ

Как известно, геометрическая окружность разделяется на 360°. У двухполюсной машины по окружности расположено 2 полюса. При увеличении числа полюсов в два раза по окружности будет расположено 4 полюса и пара полюсов будет занимать только половину окружности, т. е. 180°. Поэтому в электрических системах различают геометрические и электрические градусы, считая два полюса за полную окружность, т. е. 360 электрических градусов.

Таким образом можно установить соотношение между геометрическими градусами.

Так, например, в восьмиполюсной машине каждая пара полюсов будет занимать 90 геометрических градусов и 360 электрических градусов. Каждый геометрический градус будет соответствовать четырем электрическим, а вся окружность статора будет составлять $360\cdot 4=1\,440$ электрических градусов. Обозначим $\gamma^0_{геом}$ — геометрический угол между двумя соседними пазами;

$\gamma^0_{эл}$ — электрический угол между двумя соседними пазами, тогда

$$\gamma^0_{геом}=\frac{2\pi}{z}=\frac{360°}{z},$$

где z — число пазов, откуда

$$\gamma^0_{эл}=\frac{360°\cdot p}{z}.$$

Так как начала соседних фаз отстоят друг от друга на некоторое число пазов n_z, то электрический сдвиг между началами фаз определится:

$$\alpha^0_{эл}=n_z\cdot\gamma^0_{эл},$$

откуда найдем число пазов между началами соседних фаз (между первой и второй фазами и между второй и третьей фазами)

$$n_z=\frac{\alpha^0_{эл}}{\gamma^0_{эл}}=\text{целому числу.}$$

В трехфазной обмотке начала фаз должны быть симметрично распределены на двойном полюсном делении. Поэтому

для $m=3$ $\alpha^0_{эл}=120°-240°-480°$ и т. д.

Всегда следует выбирать для простоты составления схемы обмотки начало первой фазы в первом пазу и исходить отсюда для остальных фаз, т. е. начало первой фазы $H_{I}=1$ пазу, тогда начало второй фазы $H_{II}=1+n_z$, начало третьей фазы $H_{III}=1+2n_z$. Также необходимо проверить концы фаз, и если электрический угол сдвига соответствует данному числу фаз, то обмотку можно считать симметричной.

Если при испытании машины появляется ненормальный шум, двигатель имеет малый пусковой момент, а у генератора получается неравенство напряжений в фазах, то следует начала и концы фаз проверить на симметрич-

ность по электрическому угловому сдвигу между началами или концами соседних фаз.

Пример 1. Дано: $z=27$, $2p=4$, $m=3$. Определить электрический угол сдвига между соседними пазами и число пазов между началами фаз.

Число пазов на полюс и фазу

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{27}{4\cdot 3}=2^{1}/_{4}.$$

Электрический угол сдвига между соседними пазами

$$\gamma^0_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot 2}{27}=26{,}7^\circ.$$

Число пазов между началами соседних фаз

$$n_z=\frac{\alpha^0_{эл}}{\gamma^0_{эл}}=\frac{120^\circ}{26{,}7^\circ}=4{,}5$$

является дробным, поэтому этот выбор начала фаз не подходит.

Выбираем 120°-ную зону, т. е $\alpha^0_{эл}=240^\circ$.

Тогда

$$n_z=\frac{240}{26{,}7}=9.$$

Отсюда

$$H_{\text{I}}=1,$$
$$H_{\text{II}}=1+9=10,$$
$$H_{\text{III}}=1+2\cdot 9=19.$$

Но начало второй фазы совпало с началом третьей фазы, т. е. с „чужой" фазой, поэтому и этот вариант не подходит.

Тогда берем $\alpha^0_{эл}=480^\circ$, что одно и то же, так как

$$\sin 120^\circ=\sin 480^\circ.$$

Итак,

$$n_z=\frac{480^\circ}{26{,}7^\circ}=18,$$

отсюда

$$H_{\text{I}}=1.$$
$$H_{\text{II}}=1+18=19,$$
$$H_{\text{III}}=1+2\cdot 18=37,$$

но так как пазов только 27, то $37-27=10$, что совпадает по фазам, если проследить по чередованию катушечных групп обмотки (табл. 15).

Таблица 15

Фазы	I	III	II	I	III	II	I	III	II	I	III	II
Число катушек в группе	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	3

Итак, третий вариант подходит.

Пример 2. Дано: $z=48$, $2p=6$, $m=2$. Найти электрический угол сдвига между соседними пазами и число пазов между началами фаз простой катушечной обмотки.

1. Число катушек $n_к=m\cdot p=2\cdot 3=6$, так как при этих катушках не получим необходимый электрический сдвиг, то мотаем „полукатушками", т. е. 12 „полукатушек".

2. Число пазов на полюс и фазу

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{48}{6\cdot 2}=4,$$

т. е. при намотке берем $q=2$ ввиду удвоения числа катушек.

3. Электрический сдвиг между соседними пазами

$$\gamma^0_{эл}=\frac{360^\circ\cdot 3}{z}=\frac{360^\circ\cdot 3}{48^\circ}=22{,}5^\circ.$$

4. Число пазов между началами соседних фаз

$$n_z=\frac{\alpha^0_{эл}}{\gamma^0_{эл}}=\frac{90^\circ}{22{,}5^\circ}=4,$$

откуда

$$H_{\text{I}}=1,$$
$$H_{\text{II}}=1+4=5,$$

что нормально, так как дает совпадение начал по фазам (табл 16).

38. СОЕДИНЕНИЕ КАТУШЕЧНЫХ ГРУПП В ФАЗЕ ДВУХСЛОЙНОЙ СЕКЦИОННОЙ ОБМОТКИ

Как известно, двухслойные секционные обмотки в отношении соединения катушечных групп в фазе сложнее однослойных катушечных, поэтому требуется некоторый навык для соединения между собой катушек.

Катушечные группы в фазе могут быть соединены последовательно, паралельно или параллельно-последовательно.

Пример 1. Дана двухслойная двухполюсная обмотка. Требуется соединить катушечные группы между собой в фазе: а) последовательно; б) параллельно.

а) Соединение последовательное, т. е. в одну параллельную ветвь ($a=1$) (фиг. 44, *а*).

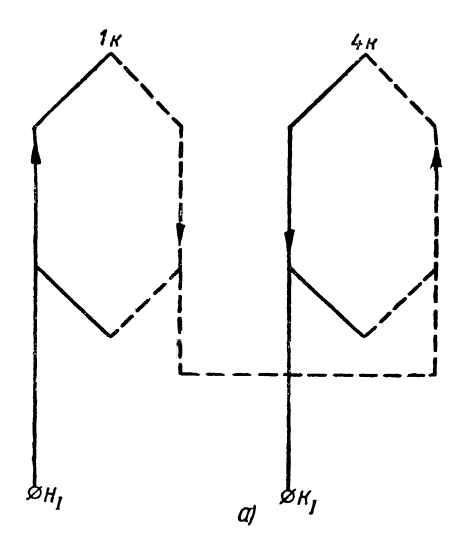
б) Соединение параллельное (фиг. 44, *б*).

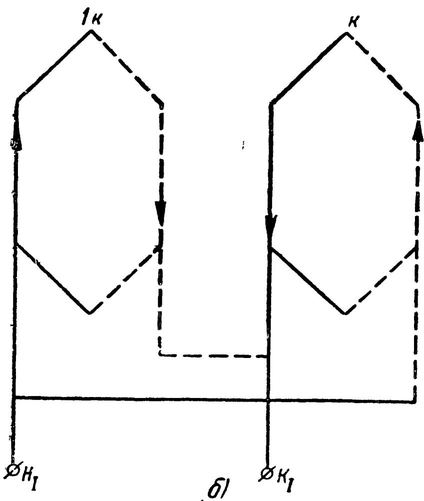
Пример 2. Дана двухслойная четырехполюсная обмотка. Соединить катушечные группы фазы между собой:

а) последовательно;
б) параллельно-последовательно;
в) параллельно (на $a_{макс}$).

Таблица 16

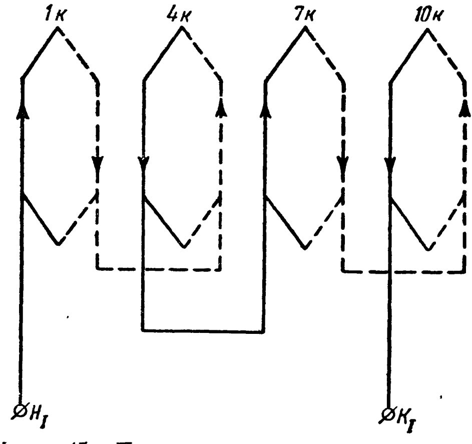
Фазы	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I	I	II	II	I
Число катушек в группе	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2



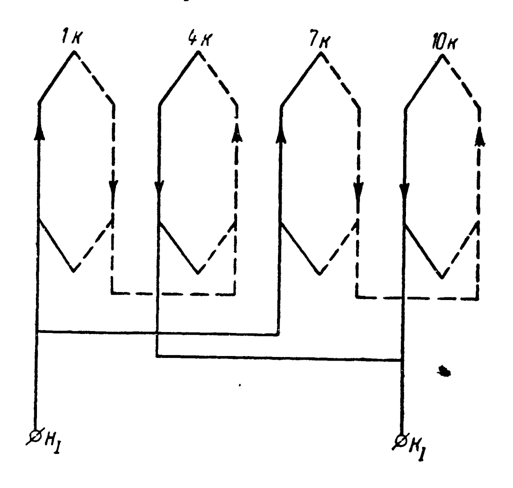


Фиг. 44. Соединение катушечных групп в фазе двухполюсной двухслойной обмотки.

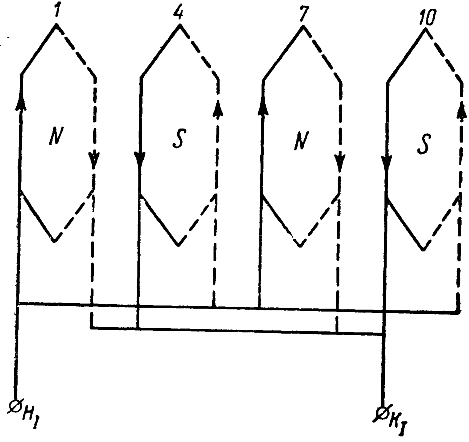
а — последовательное; *б* — параллельное.



Фиг. 45. Последовательное соединение катушечных групп в фазе четырехполюсной двухслойной обмотки.



Фиг. 46. Соединение катушечных групп в фазе четырехполюсной двухслойной обмотки в две параллельные цепи.



Фиг. 47. Соединение катушечных групп в фазе четырехполюсной двухслойной обмотки в четыре параллельные цепи.

а) Соединение катушек между собой последовательно (фиг. 45).

б) Соединение катушек между собой параллельно-последовательно $a = p = 2$ (фиг. 46).

в) Соединение катушек между собой параллельно $a_{макс} = 2p = 4$ (фиг. 47).

Так как фазовое чередование катушечных групп двухслойной трехфазной обмотки для получения необходимого сдвига всегда Іф.—ІІІф.—ІІф. и т. д., то схему такой обмотки можно разбить на фазные катушечные группы, приняв первую группу за начало первой фазы. Распределение катушек в фазах для любого числа полюсов дано в табл. 17.

Итак, исходя из вышеуказанных цифровых рядов, можно составить цепи фаз.

Таблица 17

Чередование фаз	I ф.	III ф.	II ф.
Чередование катушечных групп	$1к+3=4к$ $4к+3=7к$ $7к+3=10к$ $10к+3=13к$ $13к+3=16к$ $16к+3=19к$	$5к+3=8к$ $8к+3=11к$ $11к+3=14к$ $14к+3=17к$	$3к+3=6к$ $6к+3=9к$ $9к+3=12к$ $12к+3=15к$ . . . . . .

Цепь I ф: I *к*—4 *к*—7 *к* — 10 *к* — 13 *к*—16 *к*—19 *к*...

Цепь II ф: 3 *к*—6 *к*—9 *к*—12 *к*—15 *к*...

Цепь III ф: 5 *к*—8 *к*—11 *к*— 14 *к* — 17 *к*..,

где 1 *к*, 3 *к* и 5 *к* — катушечные группы начал фаз, так как

I ф. — III ф. — II ф. — I ф. — III ф, — II ф....

1 *к* — 2 *к* — 3 *к* — 4 *к* — 5 *к* — 6 *к*..,

откуда

от H_I до H_{II} 120° эл. и

от H_{II} до H_{III} 120° эл.

Принцип соединения катушечных групп между собой в фазе как при целом q, так и при дробном q ничем не отличается друг от друга, только при выборе параллельных цепей фазы число катушек в каждой параллельной цепи фаз должно быть одинаковое, иначе получится несимметрия.

Если соединить катушечные группы между собой в $a=2p$ параллельных цепей, то для симметрии обмотки необходимо, чтобы $\frac{2p}{a\cdot d}=M$, где d — знаменатель дроби, выражающей число пазов на полюс и фазу, а M — целое число. Подставив вместо a $2p$, получим $\frac{2p}{2p\cdot d}=M$ или окончательно $d=\frac{1}{M}$. Но так как d всегда больше единицы, то при дробном числе q нельзя осуществить соединение в $a=2p$ параллельных цепей, так как они будут иметь катушечные группы с разными элементарными катушками.

Для целого числа пазов на полюс и фазу всегда $d=1$.

Пример 1. Дано: Число полюсов $2p=4$. Требуется осуществить соединение катушек при дробном q в 2 и в 4 параллельные ветви.

Проверяем условия симметрии: при $a=2$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{4}{2\cdot d}=\frac{2}{d}=\text{целому числу},$$

при $a=4$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{4}{4\cdot d}=\frac{1}{d}=\text{целому числу}.$$

В первом случае $\frac{2p}{a\cdot d}=$ целому числу при $d=2$, следовательно, обмотка выполнима при пазах на полюс и фазу $q=1^1/_2$, $2^1/_2$, $3^1/_2$ и т. д.

Во втором случае обмотка при дробном числе пазов на полюс и фазу невыполнима.

Пример 2. Дано: число полюсов $2p=6$. Требуется осуществить соединения катушек при дробном q в 2, 3 и 6 параллельных цепей.

Проверяем условия симметрии: при $a=2$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{6}{2d}=\frac{3}{d}=\text{целому числу},$$

при $a=3$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{6}{3\cdot d}=\frac{2}{d}=\text{целому числу},$$

при $a=6$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{6}{6\cdot d}=\frac{1}{d}=\text{целому числу}.$$

В первом случае для получения целого числа необходимо $d=3$, во втором $d=2$, в третьем нельзя подобрать, так как всегда $d>1$.

Но в первом случае обмотка все же несимметричная, потому что на фазу приходятся неравные числа катушек A, состоящих из b элементарных катушек и B, состоящих из $(b+1)$ элементарных катушек, т. е. $A\neq B$.

При $q=1^1/_3$, $b=1$, $c=1$ и $d=3$ будет:

$$\frac{A}{a}=\frac{2p}{a}\left(1-\frac{c}{d}\right);\quad \frac{A}{2}=\frac{6}{2}\cdot(1-{}^1/_3)=\frac{6}{2}\cdot\frac{2}{3}=2$$

$$\text{и}\ \frac{B}{a}=\frac{2p}{a}\cdot\frac{c}{d};\quad \frac{B}{2}=\frac{6}{2}\cdot\frac{1}{3}=1.$$

Пример 3. Дано: число полюсов $2p=8$. Требуется осуществить соединения катушек при дробном q в 2, 4 и 8 параллельных цепей.

Проверяем условия симметрии:

при $a=2$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{8}{2\cdot d}=\frac{4}{d}=\text{целому числу},$$

при $a=4$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{8}{4d}=\frac{2}{d}=\text{целому числу},$$

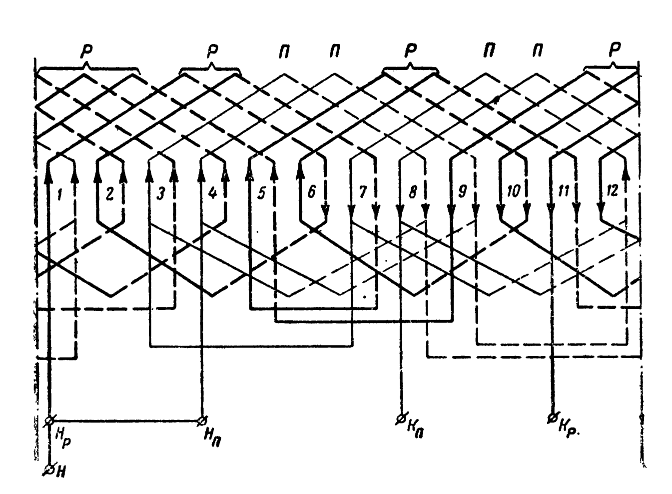
при $a=8$

$$\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{8}{8d}=\frac{1}{d}=\text{целому числу}.$$

В первом случае выполнима обмотка при знаменателе дроби $d=2$ и $d=4$, т. е. при $q=1^1/_2$, $2^1/_2$, $1^1/_4$, $1^3/_4$, $2^1/_4$ и т. д.

Во втором случае выполнима обмотка при знаменателе дроби только лишь $d=2$, т. е. $q=1^1/_2$, $2^1/_2$, $3^1/_2$ и т. д.

В третьем случае нельзя соединять катушки в параллельные цепи.



Фиг. 48. Схема двухслойной однофазной обмотки.

$z=12,\ 2p=2,\ m=1,\ q_p=4,\ q_n=2,\ a=1.$

39. ОДНОФАЗНЫЕ ДВУХСЛОЙНЫЕ СЕКЦИОННЫЕ ОБМОТКИ

Обычно в трехфазных обмотках ширина фазной зоны выбирается 60 электрических градусов, так как на каждые два полюсных шага ($a^0_{эл}=360°$) приходится шесть фазных зон (I ф.—III ф.—II ф.—I ф.—III ф.—II ф. и т. д.).

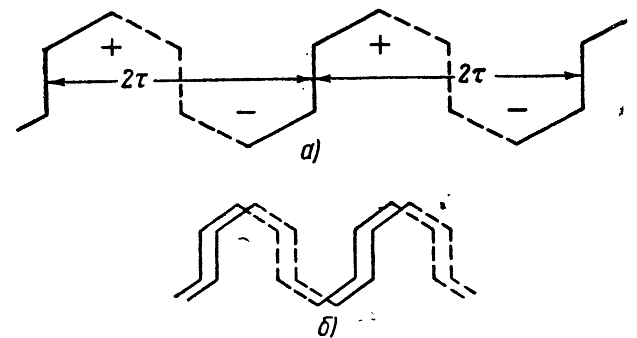
Однофазные двухслойные обмотки точно так же, как и однослойные катушечные, отличаются от трехфазных тем, что выполняются с фазной зоной вдвое большей, т. е. стодвадцатиградусной.

Метод составления схемы однофазной обмотки такой же, как и для трехфазной, но только заполняют $^2/_3$ пазов рабочей обмоткой, а $^1/_3$ пазов—пусковой.

Шаги обмоток по пазам надо брать как для рабочей, так и для пусковой обмоток одинаковыми и исходить при определении шага из полного числа пазов (фиг. 48).

40. ВОЛНОВЫЕ ДВУХСЛОЙНЫЕ ОБМОТКИ РОТОРА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Волновые роторные обмотки осуществляются иначе, чем петлевые, как по схеме, так и по принципу закладки в пазы. Роторные волновые обмотки состоят из полустержней, которые вставляются в закрытые пазы с торца ротора. В каждом слое паза располагается по одному стержню (реже по 2 стержня). Небольшое количество стержней в пазу объясняется требованием иметь низкое напряжение при разомкнутых кольцах ротора для безопасности обслуживания в эксплоатации и



Фиг. 49. Волновая обмотка ротора.

а — при $q=1$; *б* — при $q=2$.

удешевления обмотки ротора. Напряжение свыше 500 *в* выбирать не рекомендуется, лучше до 300 *в*.

Число стержней ротора $N_{ст.}=2z$ при числе стержней в пазу равном 2.

Рекомендуется волновую обмотку выполнять с нормальным шагом, равным полюсному делению или отличными друг от друга передним и задним шагами.

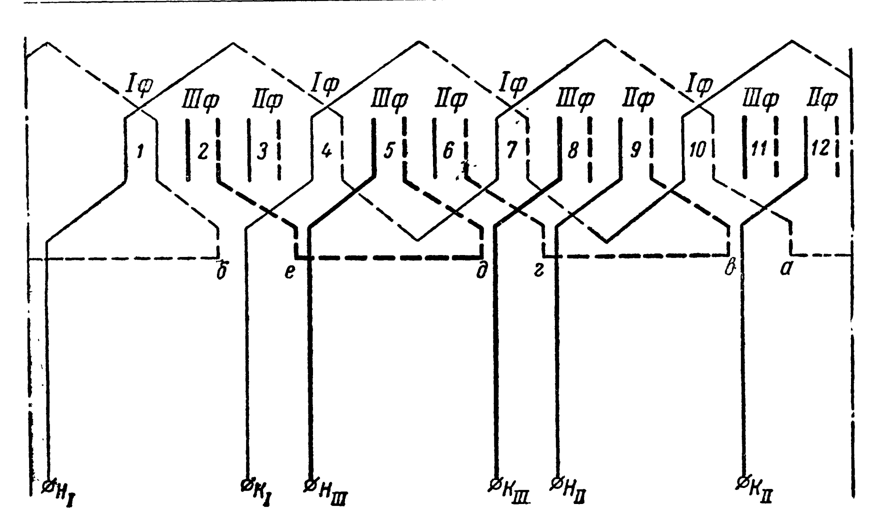
Если передние и задние шаги брать различными, то сумма двух шагов должна равняться двойному полюсному делению. Число пазов на полюс и фазу характеризует число повторений поступательных движений волны, и когда данная волна сделает q обходов, то начнется движение волны в обратную сторону, т. е. против часовой стрелки (фиг. 49).

Соединение прямо-поступательных и обратно-поступательных волн происходит при помощи провода, называемого перемычкой. Число таких перемычек равно трем по числу фаз (фиг. 50).

При выборе начал и концов фаз следует учесть, чтобы перемычки при четном числе пар полюсов друг с другом не перекрещивались, иначе трудно сбалансировать ротор. Перемычки при нечетном числе пар полюсов всегда перекрещиваются.

Кроме графического изображения волновой обмотки в развернутом виде удобно, особенно для большого числа пазов, составлять цифровую схему, которая дает быстрое нахождение начал и концов фаз, а также размещение их перемычек по окружности ротора, что является очень ценным в производстве (табл. 18).

Нижний слой стержней q и z_n соединяются перемычкой, где z_n —n-й паз или n-й стержень нижнего слоя, Н. С. и В. С.—нижний и верхний слои.



Фиг. 50. Схема трехфазной волновой стержневой обмотки.

$z = 12$; $2p = 4$; $m = 3$.

аб — перемычка первой фазы (I ф); *вг* — перемычка второй фазы (II ф); *де* — перемычка третьей фазы (III ф).

Однако, для второй и третьей фаз можно не составлять цифровые схемы, а просто воспользоваться числом пазов от первой фазы до второй n_z и из цифровой схемы первой фазы концом фазы k_I и перемычкой, а затем произвести следующие элементарные подсчеты:

начало I ф ... $H_I = 1$;

начало II ф ... $H_{II} = n_z + 1$;

начало III ф ... $H_{III} = 1 + 2n_z$.

Аналогично найдем концы фаз:

конец I ф ... $k_I = \frac{z}{2p} + 1$,

конец II ф ... $k_{II} = n_z + \left(\frac{z}{2p} + 1\right)$;

конец III ф ... $k_{III} = 2n_z + \left(\frac{z}{2p} + 1\right)$.

Перемычки фаз определяются:

перемычка I ф ... q —— z_n,

Данная схема составлена для первой фазы и аналогично можно составить для остальных двух фаз, предварительно выбрав электрический сдвиг между началами фаз, т. е. $H_I = 1$ паз, $H_{II} = 1 + n_z$ паз и $H_{III} = 1 + 2n_z$ паз.

Таблица 18

Прямой обход						
№ полюсов	1	2	3	4		2 p
Число пазов на полюс и фазу q	В. С.	Н. С.	В. С.	Н. С.		Н. С.
	1 Начало фазы	$\frac{z}{2p}+1$ конец фазы (В. С.)	$2\cdot\frac{z}{2p}+1$	$3\cdot\frac{z}{2p}+1$		$(2p-1)\cdot\frac{z}{2p}+1$
	2	$\frac{z}{2p}+2$	$\frac{z}{p}+2$	$1{,}5\cdot\frac{z}{p}+2$		$(2p-1)\cdot\frac{z}{2p}+2$
	3	$\frac{z}{2p}+3$	$\frac{z}{p}+3$	$1{,}5\cdot\frac{z}{p}+3$		$(2p-1)\cdot\frac{z}{2p}+3$
						....
	q Н. С.	$\frac{z}{2p}+q$	$\frac{z}{p}+q$	$1{,}5\cdot\frac{z}{p}+q$		$z_n=(2p-1)\cdot\frac{z}{2p}+q$

перемычка

где q — число пазов на полюс и фазу;

z_n — n-й нижний стержень, соответствующий q и последнему полюсу $2p$;

перемычка II ф.... $(q+n_z)$ —— (z_n+n_z);

перемычка III ф.... $(q+2n_z)$ —— (z_n+2n_z).

Пример 1. Дано: $z=96$, $2p=8$, $m=3$ и $a=1$.

Требуется составить цифровую схему (табл. 16) для I ф. и определить все начала и концы фаз, а также расположение перемычек.

Находим:

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{96}{3\cdot 8}=4;$$

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{96}{8}=12\ (1-13);$$

$$\gamma^0_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot 4}{96}=15^\circ;$$

$$n_z=\frac{\alpha^0_{эл}}{\gamma^0_{эл}}=\frac{480^\circ}{15^\circ}=32.$$

Таблица 19

Цифровая схема I фазы

В. С.	Н. С.	В. С.	Н. С.	В. С.	Н. С.	В. С.	Н. С.
1 H_I	13 k_I	25	37	49	61	73	85
2	14	26	38	50	62	74	86
3	15	27	39	51	63	75	87
4	16	28	40	52	64	76	88

↑ — — — — — перемычка (Н. С.) — — — — — ↑

Затем определяем:

Начала фаз:

$H_I=1$ В. С. (верхний слой);

$H_{II}=1+n_z=1+32=33$ В. С.;

$H_{III}=1+2n_z=1+2\cdot 32=65$ В. С.

Концы фаз:

$$k_I=1+\frac{z}{2p}=1+\frac{96}{8}=13 \text{ В. С.};$$

$$k_{II}=n_z+\left(1+\frac{z}{2p}\right)=32+13=45 \text{ В. С.};$$

$$k_{III}=2n_z+\left(1+\frac{z}{2p}\right)=2\cdot 32+13=77 \text{ В. С.}$$

Перемычки:

I ф. (из цифровой схемы) 4 Н. С. —— 88 Н. С. (нижний слой), где $q=4$ и

II ф. · · · $(q+n_z)$ —— $(z_n+n_z)=4+32=36$ Н. С. —— $88+32=120-96=24$,

итак, 24 Н. С. —— 36 Н. С.

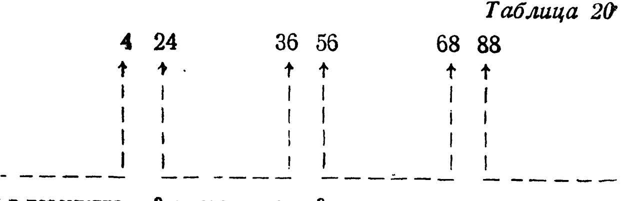
III ф · · · $(q+2n_z)$ —— $(z_n+2n_z)=4+2\cdot 32=68$ н. с. —— $88+2\cdot 32=152-96=56$ н. с.,

итак, 56 н. с. —— 68 н. с.

Расположение перемычек нормальное, т. е. они не перекрещиваются друг с другом.

Размещение перемычек по окружности ротора дано в табл. 20.

Таблица 20



Начала и концы фаз волновой обмотки при целом q всегда выходят из верхних стержней, а перемычки — из нижних стержней.

Можно намотать волновую обмотку и с дробным числом пазов на полюс и фазу (например, $q_2=1\frac{1}{2}$; $2\frac{1}{2}$; $3\frac{1}{2}$; $4\frac{1}{2}$ и т. д.), но при этом, как известно, получим число пазов на полюс, неравное целому числу. Отсюда нормальный шаг обмотки не получится равным полюсному делению τ, а либо короче, либо длиннее, а сумма шагов должна быть равна 2τ. Шаги должны чередоваться: удлиненный шаг y''_n с укороченным шагом y'_n. Разность между y'_n и y_n обычно равна единице: $y''_n-y'_n=1$.

Пусть y'_n — шаг секции со стороны выводов, а y_n — шаг секции со стороны, противоположной выводам, тогда укороченный шаг $y''_n=y'_n-1$.

Рассмотрим два случая:

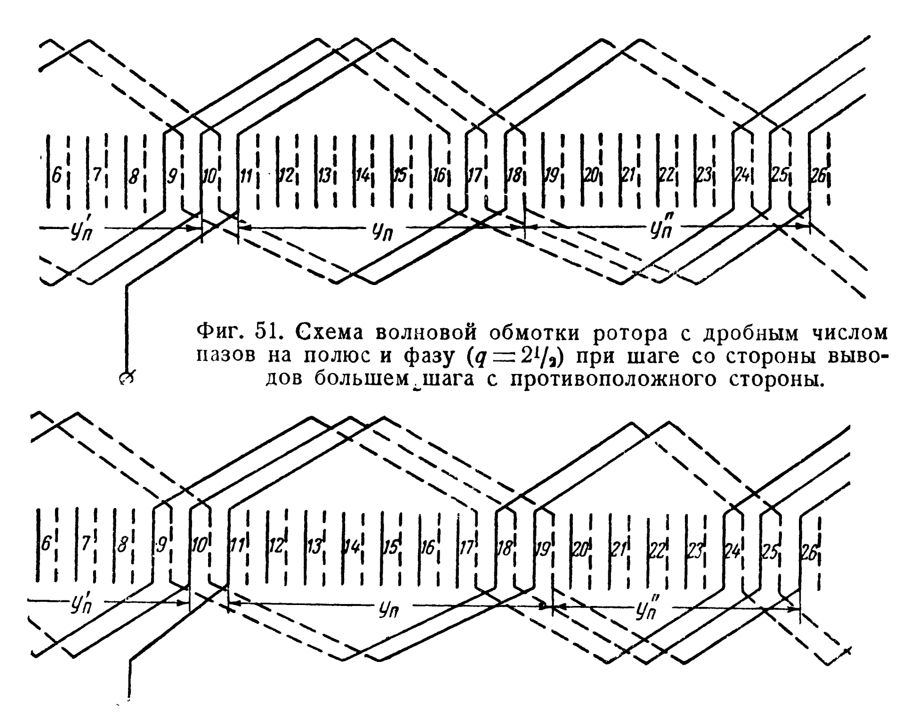
1-й случай. Шаг со стороны выводов на 1 больше шага с противоположной стороны, тогда $y_n=y'_n-1$, а

$$y''_n=y'_n-1=y_n+1-1=y_n \text{ (фиг. 51)}$$

2-й случай. Шаг со стороны выводов на 1 меньше шага с противоположной стороны, тогда $y'_n=y_n-1$, а

$$y''_n=y'_n-1=y_n-1-1=y_n-2 \text{ (фиг. 52).}$$

Числа пазов фазной зоны одной и той же фазы равны то величине $\left(q_2+\frac{1}{2}\right)$, то $\left(q_2-\frac{1}{2}\right)$, а каждый стержень верхнего слоя



Фиг. 51. Схема волновой обмотки ротора с дробным числом пазов на полюс и фазу ($q=2^1/_2$) при шаге со стороны выводов большем шага с противоположного стороны.

Фиг. 52. Схема волновой обмотки ротора с дробным числом пазов на полюс и фазу ($q=2^1/_2$) при шаге со стороны выводов меньшем шага с противоположного стороны.

должен быть соединен со стержнем нижнего слоя на расстоянии полюсного деления τ.

Таким образом, получаются два соседних фронта волн с числом волн $\left(q_2-\frac{1}{2}\right)$ и $\left(q_2+\right.$ $\left.+{}^1/_2\right)$, имеющие верхний и нижний слои с определенными числами пазов. Ротор будет иметь три ветви обмотки с $(q_2-{}^1/_2)$ обходами и три ветви с $(q_2+{}^1/_2)$ обходами. Кроме того, на каком-либо участке волн в каждой из фаз в пазу могут оказаться две различные фазы: одна фаза—верхний стержень, другая—нижний, что напоминает статорную обмотку с укорочением шага.

41. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ОДНОСЛОЙНЫХ ПРОСТЫХ КАТУШЕЧНЫХ ОБМОТОК

Для составления схем однослойных простых катушечных обмоток не требуется большого опыта. Необходимо руководствоваться следующими данными:

1. Число полюсов двигателя $2p$;
2. Число фаз m;
3. Число пазов z (для однофазных $m=1$ $z_p=\frac{2}{3}z$ и $z_n=\frac{1}{3}z\Big)$.
4. Число катушек или катушечных групп $n_к=m\cdot p$, а для $m=1$ $n_{к.п}=n_{к.р}=2p\cdot m$.
5. Число пазов на полюс и фазу $q=\frac{z}{2p\cdot m}$, а для $m=1$ $q_p=\frac{z_p}{2p\cdot m}$ и $q_n=\frac{z_n}{2p\cdot m}$.
6. Число пазов между сторонами катушки

$$n_n=\frac{z}{n_к} \text{ или } n_n=2q,$$

а для $m=1$ $n_{n(p)}=2q_n$ и $n_{n(n)}=2q_p$.

Если n_n является нечетным числом 3, 5, 7 и т. д., то среднее число элементарных катушек выразится дробным числом и необходимо мотать катушечные группы с неодинаковым числом катушек. Кроме того для двухъярусной обмотки

$$n_n=2q-1 \text{ и } n'_n=2q+1.$$

7. Условия симметрии и выполнимости обмотки:

$$\frac{z}{m}=\text{целому числу};$$

$$\frac{n_к}{a\cdot m}=\text{целому числу};$$

$$M=\frac{p}{a\cdot d}=\text{целому числу};$$

$$\alpha^\circ_{элI,II}=\alpha^\circ_{элII,III}=\gamma^\circ_{эл}\cdot n_z,$$

где n_z = целому числу, а

$$\gamma^\circ_{эл} = \frac{360^\circ \cdot p}{z}.$$

Пример 1. Составить схему однослойной простой двухъярусной катушечной обмотки для $z=24$, $2p=4$, $m=3$, $a=2$.

Находим:

$$n_к = m \cdot p = 3 \cdot 2 = 6;$$

$$q = \frac{z}{2p \cdot m} = \frac{24}{4 \cdot 3} = 2;$$

$$n_п = \frac{z}{n_к} = \frac{24}{6} = 4.$$

Условия выполнимости и симметрии

$$\frac{z}{m} = \frac{24}{3} = 8; \quad \frac{n_к}{a \cdot m} = \frac{6}{2 \cdot 3} = 1,$$

а

$$M = \frac{p}{a \cdot d} = \frac{2}{2 \cdot 1} = 1;$$

$$\gamma^\circ_{эл} = \frac{360^\circ \cdot p}{z} = \frac{360^\circ \cdot 2}{24} = 30^\circ; \quad n_z = \frac{\alpha^\circ_{эл}}{\gamma^\circ_{эл}} = \frac{120^\circ}{30} = 4,$$

т. е. обмотка выполнима,

$H_I = 1$, $H_{II} = 1 + 4 = 5$ и $H_{III} = 1 + 2 \cdot 4 = 9$ (фиг. 53).

Пример 2. Составить схему однослойной простой двухъярусной катушечной обмотки для $z = 18$, $2p = 4$, $m = 3$ и $a = 1$.

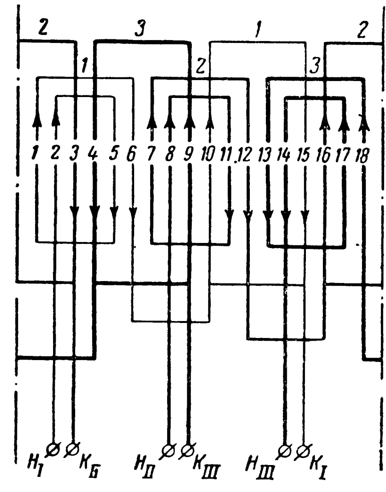
Находим:

$$n_к = m \cdot p = 3 \cdot 2 = 6;$$

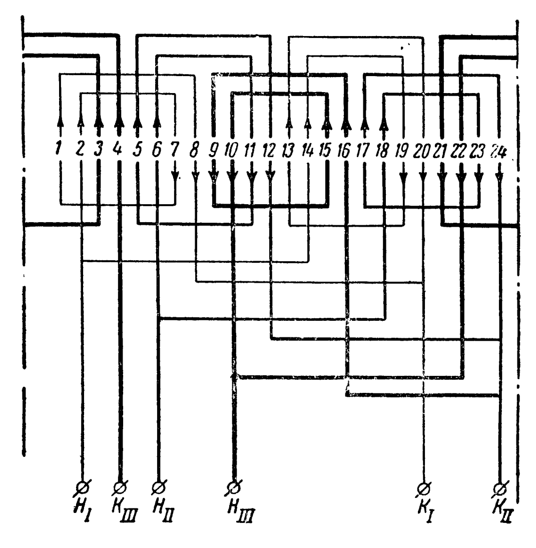
$$q = \frac{z}{2p \cdot m} = \frac{18}{4 \cdot 3} = 1\,{}^1\!/_2 \ (d = 2);$$

$$n_п = 2q - 1 = 2 \cdot 1{,}5 - 1 = 2;$$

$$n_п = 2q + 1 = 2 \cdot 1{,}5 + 1 = 4.$$



Фиг. 54. Схема однослойной катушечной обмотки.
$z = 18$, $2p = 4$, $m = 3$,
$q = 2$, $a = 1$.



Фиг. 53. Схема однослойной катушечной обмотки.
$z = 24$, $2p = 4$, $m = 3$, $q = 2$, $a = 2$.

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m} = \frac{18}{3} = 6;$$

$$\frac{n_к}{a \cdot m} = \frac{6}{1 \cdot 3} = 2;$$

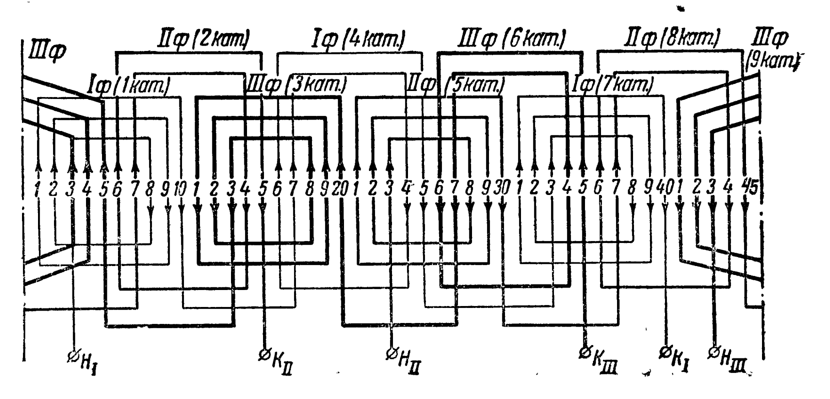
$$M = \frac{p}{a \cdot d} = \frac{2}{1 \cdot 2} = 1,$$

т. е. обмотка выполнима;

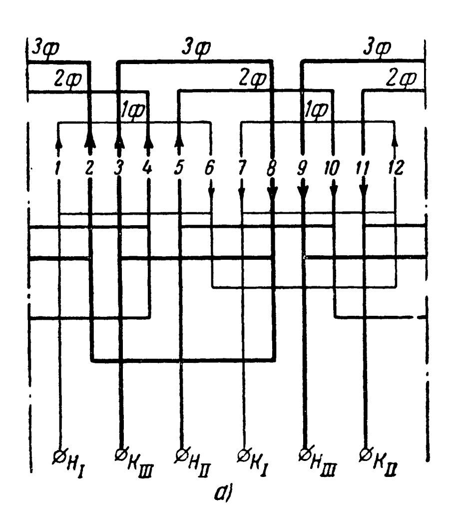
$$\gamma^\circ_{эл} = \frac{360^\circ \cdot p}{z} = \frac{360^\circ \cdot 2}{18} = 40^\circ;$$

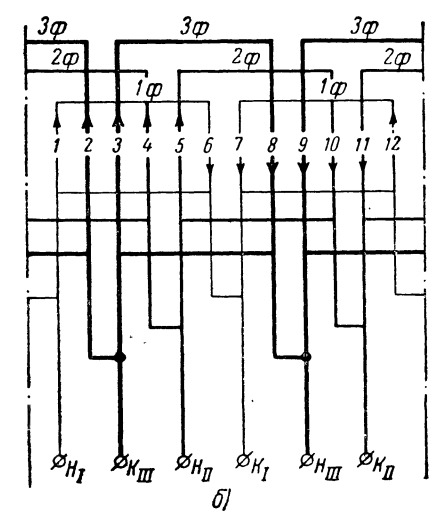
$$n_z = \frac{\alpha^\circ_{эл}}{\gamma^\circ_{эл}} = \frac{240^\circ}{40^\circ} = 6,$$

т. е. берем 120° зону и порядок чередования фаз: Iф. — IIIф. — IIф. (фиг. 54).



Фиг. 55. Схема однослойной катушечной обмотки.
$z = 45$, $2p = 6$, $m = 3$, $q = 2^1/_2$, $a = 1$:





Фиг 56. Схема однослойной трехъярусной катушечной обмотки.

а) $z=12$, $2p=2$, $m=3$, $q=2$, $a=1$; *б)* $z=12$, $2p=2$, $m=3$, $q=2$, $a=2$.

Пример 3. Составить схему однослойной простой двухъярусной катушечной обмотки для

$$z=45,\ 2p=6,\ m=3 \text{ и } a=1.$$

Находим:

$$n_к=m\cdot p=3\cdot 3=9;$$

$$q=\frac{z}{2p\ m}=\frac{45}{6\cdot 3}=2^1/_2\ (d=2);$$

$$n_п=2q-1=2\cdot 2{,}5-1=4,$$

$$n_п=2q+1=2\cdot 2{,}5+1=5.$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{45}{3}=15;$$

$$\frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{9}{1\cdot 3}=3;$$

$$M=\frac{p}{a\cdot d}=\frac{3}{1\cdot 2}=1{,}5,$$

т. е. обмотка невыполнима, но, применяя искусственный метод намотки, можно осуществить схему катушки 2 и 3 на сторону, а в 1 и 9 катушках мотать по полпаза в пазах 2, 3, 42 и 43;

$$\mathring{\gamma}_{эл}=\frac{360°\cdot p}{z}=\frac{360°\cdot 3}{45}=24° \text{ и } n_z=\frac{\mathring{\alpha}_{эл}}{\mathring{\gamma}_{эл}}=\frac{480°}{24}=20;$$

$$H_{\rm I}=1,\ H_{\rm II}=1+20=21 \text{ и } H_{\rm III}=1+2\cdot 20=41$$

зона шестидесятиградусная (фиг. 55).[1]

Пример 4. Составить схему однослойной простой трехъярусной катушечной обмотки для $z=12$, $2p=2$, $m=3$, $a=1$ (фиг. 56,*а*) и $a=2$ (фиг. 56,*б*).

Находим: $n_к=m\cdot p=3\cdot 1=3$, но для намотки „вразвалку“ берем $n_к=6$, т. е. мотаем полукатушками;

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{12}{2\cdot 3}=2 \text{ (при } n_к=6,\ q=1);$$

$$n_п=2q=2\cdot 2=4.$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{12}{3}=4;$$

$$\frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{6}{1\cdot 3}=2 \text{ и } \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{6}{2\cdot 3}=1,$$

а

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{2}{1\cdot 1}=2 \text{ и } M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{2}{2\cdot 1}=1.$$

Для $M=\frac{2p}{a\cdot d}$ берем такое же выражение, как и для двухслойной секционной обмотки, ввиду увеличения числа катушек, т. е. обмотки выполнимы;

$$\mathring{\gamma}_{эл}=\frac{360°\cdot p}{z}=\frac{360°\cdot 1}{12}=30° \text{ и } n_z=\frac{\mathring{\alpha}_{эл}}{\mathring{\gamma}_{эл}}=\frac{120°}{30°}=4$$

(фиг. 56).

Пример 5. Составить схему однослойной простой трехъярусной катушечной обмотки для $z=30$, $2p=2$, $m=3$ и $a=1$.

Находим: $n_к=m\cdot p=3\cdot 1=3$, т. е. берем $n_к=6$ полукатушек:

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{30}{2\cdot 3}=5,$$

т. е. берем

$$q=2{,}5\ (q=2 \text{ и } q=3);$$

$$n_п=2\cdot q=2\cdot 5=10.$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{30}{3}=10;\ \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{6}{1\cdot 3}=2;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{2}{1\cdot 1}=2;\quad \gamma^{\circ}_{эл}=\frac{360^{\circ}\cdot p}{z}=\frac{360^{\circ}\cdot 1}{30}=12^{\circ};$$

$$n_z=\frac{\alpha^{\circ}_{эл}}{\gamma^{\circ}_{эл}}=\frac{120^{\circ}}{12^{\circ}}=10^{\circ};$$

$$H_{\mathrm{I}}=1;\ H_{\mathrm{II}}=1+10=11 \text{ и } H_{\mathrm{III}}=1+2\cdot 10=21,$$

т. е. обмотка выполнима (фиг. 57).

Пример 6. Составить схему однослойной простой катушечной двухъярусной обмотки для $z=36$, $2p=6$, $m=2$ и $a=1$.

Находим: $n_к=m\cdot p=2\cdot 3=6$, т. е. берем $n_к=12$ полукатушек для получения сдвига 90°;

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{36}{6\cdot 2}=3,$$

т. е. берем

$$q=1{,}5;\ n_п=2\cdot q-1=2\cdot 1{,}5-1=2$$

$$\text{и } n_п=2\cdot q+1=2\cdot 1{,}5+1=4.$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{36}{2}=18;\ \gamma^{\circ}_{эл}=\frac{360^{\circ}\cdot p}{z}=\frac{360^{\circ}\cdot 3}{36}=30^{\circ};$$

$$\frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{6}{1\cdot 2}=3;\ n_z=\frac{\alpha^{\circ}_{эл}}{\gamma^{\circ}_{эл}}=\frac{90^{\circ}}{30^{\circ}}=3$$

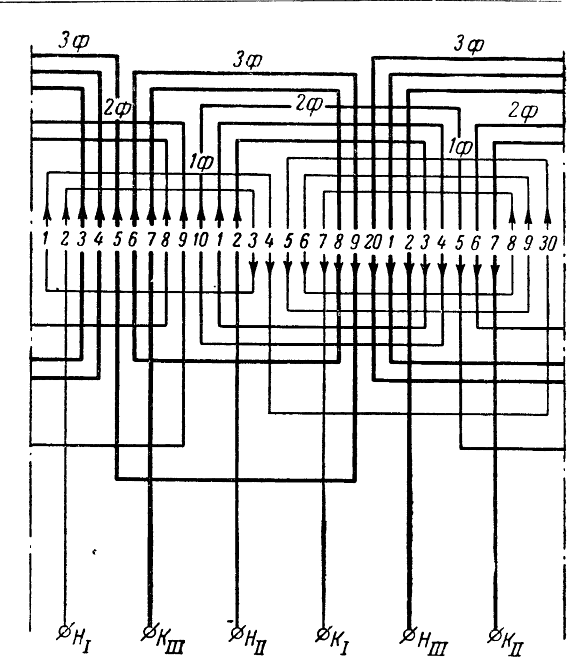
$$(H_{\mathrm{I}}=1 \text{ и } H_{\mathrm{II}}=1+3=4),$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{6}{1\cdot 1}=6,$$

т. е. обмотка выполнима.

На фиг. 58,*а* приведена правильная схема, а на фиг. 58,*б* неверно составленная схема.

Пример 7. Составить схему катушечной двухъярусной двухфазной обмотки для $z=24$, $2p=4$, $m=2$ и $a=1$.



Фиг. 57. Схема однослойной трехъярусной катушечной обмотки.
$z=30$, $2p=2$, $m=3$, $q=5$, $a=1$.

Определяем: $n_к=m\cdot p=2\cdot 2=4$, т. е. берем $n_к=8$ полукатушек;

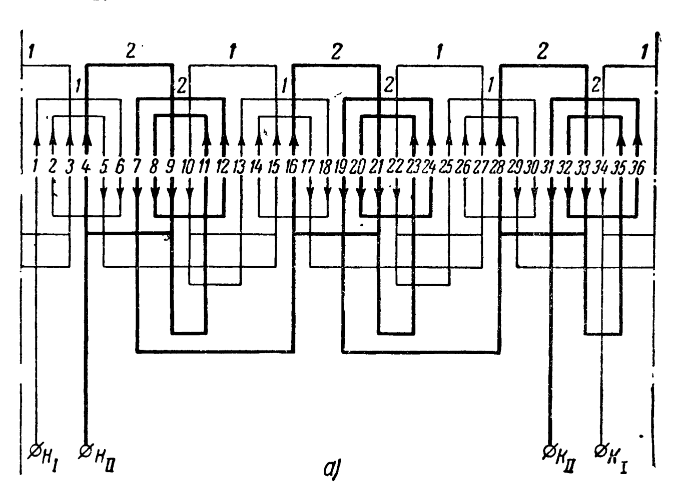
$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{24}{4\cdot 2}=3,$$

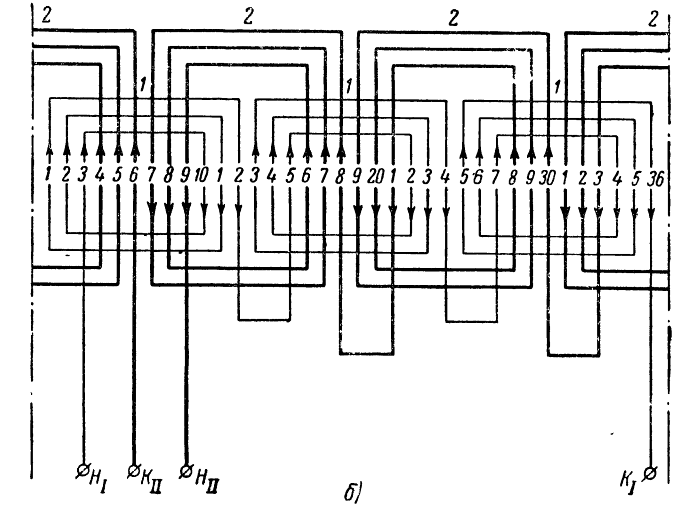
т. е. берем $q=1{,}5$

$$(q=1 \text{ и } q=2),$$

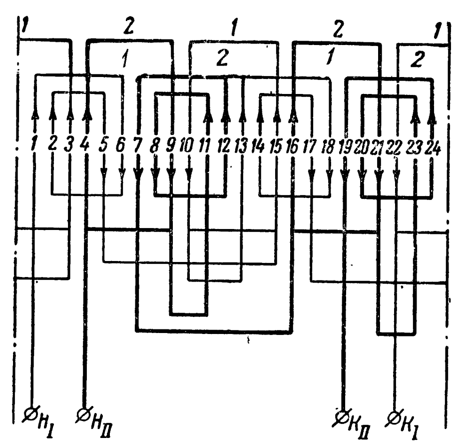
откуда

$$n_п=2q-1=2\cdot 1{,}5-1=2 \text{ и } n_п=2q+1=$$
$$=2\cdot 1{,}5+1=4.$$





Фиг. 58. Схема однослойной катушечной двухъярусной обмотки. $z=36$, $2p=6$, $m=2$, $q=3$, $a=1$.
а — правильная схема; *б* — неправильная схема.



Фиг. 59. Схема однослойной катушечной обмотки.

$z=24,\ 2p=4,\ m=2,\ q=3,\ a=1.$

Условия симметрии:

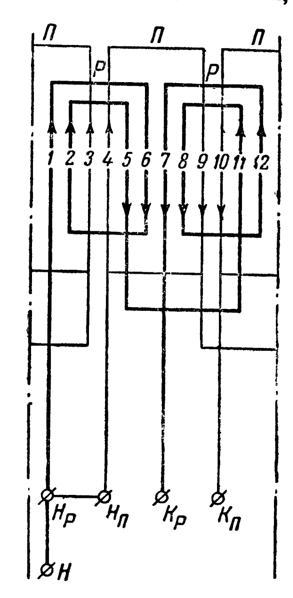
$$\frac{z}{m}=\frac{24}{2}=12;\qquad \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{8}{1\cdot 2}=4;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{4}{1\cdot 2}=2;\qquad \gamma^{\circ}_{эл}=\frac{360^{\circ}\cdot p}{z}=\frac{360^{\circ}\cdot 2}{24}=30^{\circ};$$

$$n_z=\frac{\alpha^{\circ}_{эл}}{\gamma^{\circ}_{эл}}=\frac{90^{\circ}}{30^{\circ}}=3\ (H_I=1 \text{ и } H_{II}=1+3=4),$$

т. е. обмотка выполнима (фиг. 59).

Пример 8. Составить схему однофазной двухъярусной обмотки для $z=12$, $2p=2$, $m=1$ и $a=1$.



Фиг. 60. Схема однослойной катушечной обмотки.

$z=12,\ 2p=2,\ m=1,$
$q_p=4,\ q_n=2,\ a=1.$

Определяем:

$n_{к.\,р}=m\cdot p=1\cdot 1=1$, т. е. берем $n_{к.р.,п}=2$ полукатушек;

$$z_p=\frac{2}{3}\cdot z=\frac{2}{3}\cdot 12=8;$$

$$z_п=\frac{1}{3}\cdot z=\frac{1}{3}\cdot 12=4;$$

$$q_p=\frac{z_p}{2p\cdot m}=\frac{8}{2\cdot 1}=4,$$

т. е. берем $q_p=2$;

$$q_п=\frac{z_п}{2p\cdot m}=\frac{4}{2\cdot 1}=2,$$

т. е. берем $q_п=1$;

$$n_{п.\,р}=2\cdot q_п=2\cdot 1=2;$$

$$n_{п.\,п}=2\cdot q_p=2\cdot 2=4.$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{n_{к.\,р,\,п}}{a\cdot m}=\frac{2}{1\cdot 1}=2;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{2}{1\cdot 1}=2;$$

$$\gamma^{\circ}_{эл}=\frac{360^{\circ}\cdot p}{z}=\frac{360^{\circ}\cdot 1}{12}=30^{\circ};$$

$$n_z=\frac{\alpha^{\circ}_{эл}}{\gamma^{\circ}_{эл}}=\frac{90^{\circ}}{30^{\circ}}=3.$$

$$(H_p=1;\ H_п=1+3=4),$$

т. е. обмотка выполнима (фиг. 60).

42. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ОДНОСЛОЙНЫХ СЕКЦИОННЫХ ОБМОТОК

Однослойные секционные обмотки по степени сложности составления почти ничем не отличаются от простых катушечных обмоток. Для осуществления схем необходимы следующие данные:

1. Число полюсов двигателя $2p$.
2. Число фаз m.
3. Число пазов z.
4. Число катушек секции $n_{к.с}=\frac{z}{2}$.
5. Число пазов на полюс и фазу $q=\frac{z}{2p\cdot m}$.
6. Шаг обмотки по пазам $y_п=\frac{z}{2p}$.
7. Условия симметрии:

$$\frac{n_{к.с}}{a\cdot m}=\text{целому числу};$$

$$\frac{z}{m}=\text{целому числу};$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\text{целому числу (для цепной)};$$

$$M=\frac{p}{a\cdot d}=\text{целому числу}$$

(для обмотки с чередующимися шагами);

$$\alpha^{\circ}_{эл.\,I,\,II}=\alpha^{\circ}_{эл.\,II,\,III}=\gamma^{\circ}_{эл}\cdot n_z.$$

Пример 1. Составить схему однослойной секционной обмотки (цепной), если дано: $z=24$, $2p=4$, $m=3$ и $a=1$.

Находим:

$$n_{к.\,с}=\frac{z}{2}=\frac{24}{2}=12 \text{ и } n_к=m\cdot p=3\cdot 2=6,$$

где

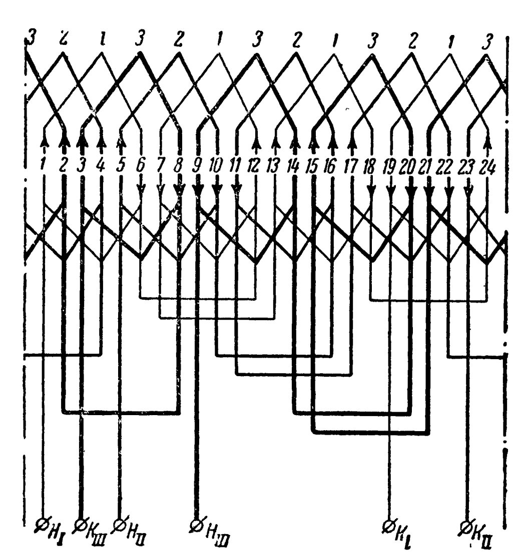
$$n_{к.\,с}>n_к \text{ (больше в два раза)};$$

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{24}{4\cdot 3}=2;\quad y_п=\frac{z}{2p}=\frac{24}{4}=6\ (1-6).$$

Условия симметрии и выполнимости:

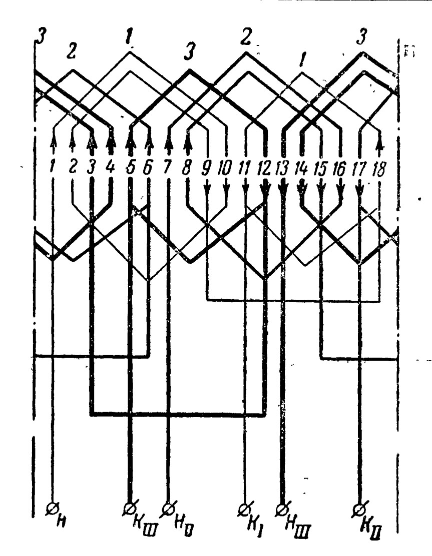
$$\frac{z}{m}=\frac{24}{3}=8;\quad \frac{n_{к.\,с}}{a\cdot m}=\frac{12}{1\cdot 3}=4;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{4}{1\cdot 1}=4;\quad \gamma^{\circ}_{эл}=\frac{360^{\circ}\cdot p}{z}=\frac{360^{\circ}\cdot 2}{24}=30^{\circ}$$



Фиг. 61. Схема однослойной секционной обмотки.

$z=24,\ 2p=4,\ q=2,\ m=3,\ a=1.$



Фиг. 62. Схема однослойной секционной обмотки.

$z=18,\ 2p=2,\ m=3,\ q=3,\ a=1.$

и

$$n_z=\frac{\overset{\circ}{\alpha}_{эл}}{\overset{\circ}{\gamma}_{эл}}=\frac{120^\circ}{30^\circ}=4$$

($H_{\rm I}=1,\ H_{\rm II}=1+4=5,\ H_{\rm III}=1+2\cdot4=9$), т. е. обмотка выполнима (фиг. 61).

Пример 2. Составить схему однослойной секционной обмотки с чередующимися шагами, если дано: $z=18,\ 2p=2,\ m=3$ и $a=1$.

Определяем:

$$n_{к.с}=\frac{z}{2}=\frac{18}{2}=9 \quad \text{и}$$

$$n_к=m\cdot p=3\cdot1=3;$$

$n_{к.с}>n_к$ в 3 раза — только можно осуществить намотку с чередующимися шагами.

$$A+B=\frac{z}{m}=\frac{18}{3}=6;\ A=B=3;$$

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{18}{2\cdot3}=3;$$

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{18}{2}=9\ [1-10 \text{ и } 1-8\ (2-9)].$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{18}{3}=6;\quad \frac{n_{к.с}}{a\cdot m}=\frac{9}{1\cdot3}=3;\quad M=\frac{p}{a\cdot d}=\frac{1}{1\cdot1}=1,$$

так как катушечно-секционная обмотка

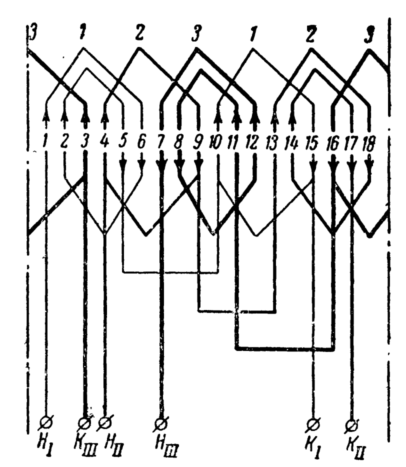
$$\overset{\circ}{\gamma}_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot1}{18}=20^\circ$$

и

$$n_z=\frac{\overset{\circ}{\alpha}_{эл}}{\overset{\circ}{\gamma}_{эл}}=\frac{120^\circ}{20^\circ}=6\ (H_{\rm I}=1,\ H_{\rm II}=1+6=7 \text{ и}$$

$$H_{\rm III}=1+2\cdot6=13),$$

т. е. обмотка выполнима (фиг. 62).



Фиг. 63. Схема однослойной секционной обмотки.

$z=18,\ 2p=4,\ m=3,\ q=1^1/_2,\ a=1.$

Пример 3. Составить однослойную секционную обмотку с чередующимися шагами и с дробным числом пазов на полюс-фазу, если дано:

$$z=18,\ 2p=4,\ m=3,\ a=1.$$

Найдем:

$$n_{к.с}=\frac{z}{2}=\frac{18}{2}=9;$$

$n_к=m\cdot p=3\cdot2=6$, т. е. $n_{к.с}>n_к$ в 1,5 раза;

$$A+B=\frac{z}{m}=\frac{18}{3}=6;\ A=3 \text{ и } B=3;$$

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{18}{4\cdot3}=1{,}5;\quad y_n=\frac{z}{2p}=\frac{18}{4}=4{,}5,$$

т. е. 1 — 4 и 1 — 6.

Условия симметрии:

$$\frac{z}{m}=\frac{18}{3}=6;\quad \frac{n_{к.с}}{a\cdot m}=\frac{9}{1\cdot 3}=3;$$

$$M=\frac{p}{a\cdot d}=\frac{2}{1\cdot 1}=2;\quad \gamma^{\circ}_{эл}=\frac{360^{\circ}\cdot p}{z}=\frac{360^{\circ}\cdot 2}{18}=40^{\circ}$$

и

$$n_z=\frac{\alpha^{\circ}_{эл}}{\gamma^{\circ}_{эл}}=\frac{120^{\circ}}{40^{\circ}}=3$$

($H_I=1$; $H_{II}=1+3=4$, и $H_{III}=1+2\cdot 3=7$), т. е. обмотка выполнима (фиг. 63).

43. СОСТАВЛЕНИЕ СХЕМ ДВУХСЛОЙНЫХ СЕКЦИОННЫХ ПЕТЛЕВЫХ И ВОЛНОВЫХ ОБМОТОК

Составление схем двухслойных секционных обмоток, особенно с дробным числом пазов на полюс и фазу, сложнее, чем простых катушечных, так как размещение и чередование катушечных групп требуют более внимательного подхода.

Для намотки двухслойных секционных обмоток необходимы следующие данные:

1. Число полюсов двигателя $2p$.
2. Число фаз m.
3. Число пазов (равно числу секций) z.
4. Число катушечных групп $n_к=2p\cdot m$.
5. Число пазов на полюс и фазу $q=\frac{z}{2p\cdot m}$.
6. Шаг обмотки по пазам нормальный $y_n=\frac{z}{2p}$ и укороченный шаг $y'_n\approx 0{,}8\cdot y_n$ или $y'_n=\beta\cdot y_n$.
7. Для дробного числа пазов на полюс и фазу $q=b+\frac{c}{d}$; число цифр в ряду d, сумма цифр в ряду $N_p=b\cdot d+c$ и число рядов обмотки $n_p=\frac{2p\cdot m}{d}$, если знаменатель дроби не кратный трем.

При знаменателе дроби, кратном трем, число рядов обмотки $n_p=\frac{z}{N_p}-D$ и сумма цифр в ряду

$$N_p=b(d+1)+c \text{ для } \frac{c}{d}=\frac{1}{3}<\frac{1}{2};$$

$$N_p=b\cdot(d+1)+(c+1) \text{ для } \frac{c}{d}=\frac{2}{3}>\frac{1}{2}.$$

Число цифр в ряду $d+1$.

Сумма цифр в добавочном ряду $N_д=z-n_p\cdot N_p$.

8. Условия симметрии и выполнимости:

$\frac{z}{m}=$ целому числу;

$\frac{n_к}{a\cdot m}=$ целому числу;

$M=\frac{2p}{a\cdot d}=$ целому числу;

$$\alpha^{\circ}_{эл\ I, II}=\alpha^{\circ}_{эл\ II, III}=\gamma^{\circ}_{эл}\cdot n_z.$$

Пример 1. Составить схему двухслойной секционной обмотки с укорочением шага, если дано:

$$z=18,\ 2p=2,\ m=3 \text{ и } a=1.$$

Находим:

$$n_к=2p\cdot m=2\cdot 3=6;\quad y_n=\frac{z}{2p}=\frac{18}{2}=9$$

и

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{18}{2\cdot 3}=3;\ \beta=\frac{y_n-n_y}{y_n}=\frac{9-2}{9}=0{,}78$$

(берем $n_y=2$), укороченный шаг $y'_n=y_n-n_y=7(1-8)$.

Условия симметрии и выполнимости:

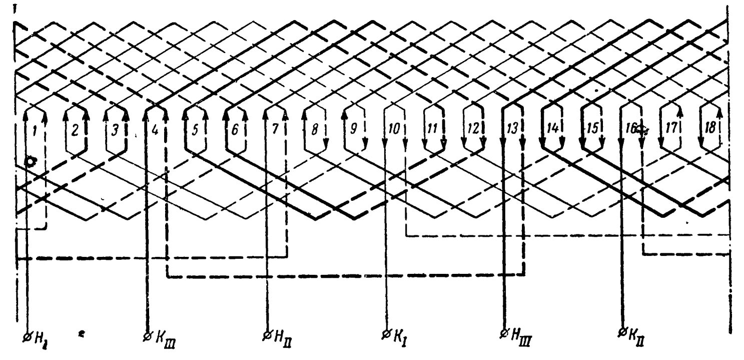
$$\frac{z}{m}=\frac{18}{3}=6;\quad \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{6}{1\cdot 3}=2;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{2}{1\cdot 1}=2;$$

$$\gamma^{\circ}_{эл}=\frac{360^{\circ}\cdot p}{z}=\frac{360^{\circ}\cdot 1}{18}=20^{\circ};$$

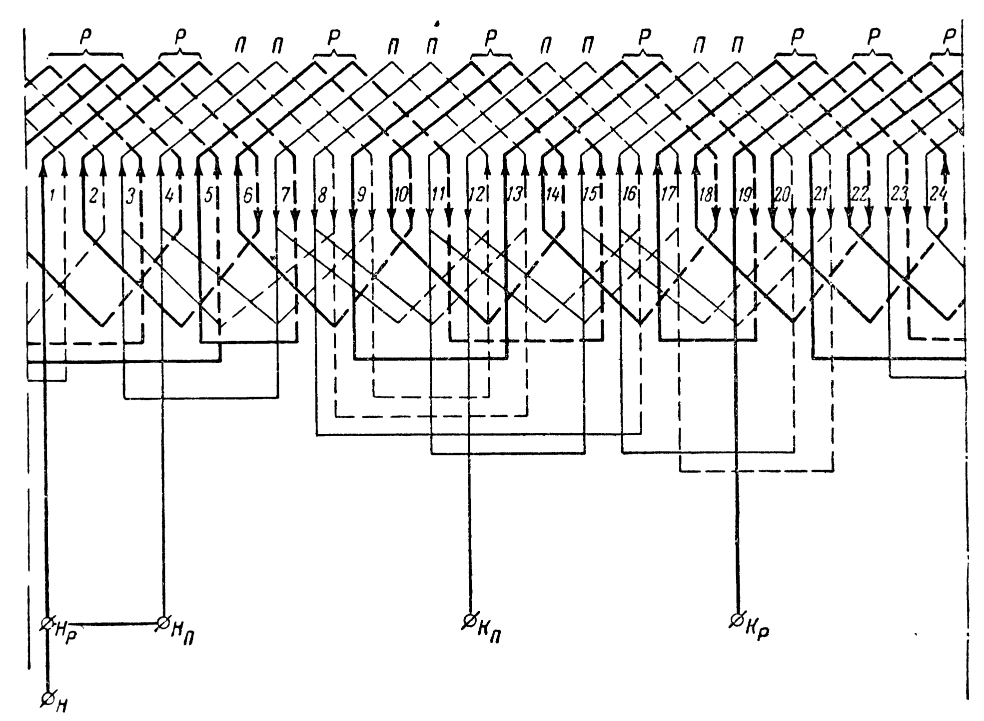
$$n_z=\frac{\alpha^{\circ}_{эл}}{\gamma^{\circ}_{эл}}=\frac{120^{\circ}}{20^{\circ}}=6$$

($H_I=1$; $H_{II}=1+6=7$, $H_{III}=1+2\cdot 6=13$), т. е. обмотка выполнима (фиг. 64).



Фиг. 64. Схема двухслойной секционной обмотки. $z=18$, $2p=2$, $m=3$, $q=3$, $a=1$.

Пример 2. Составить схему однофазной двухслойной обмотки, если дано: $z=24$, $2p=4$, $m=1$ и $a=1$.



Фиг. 65. Схема двухслойной секционной обмотки.
$z=24,\ 2p=4,\ m=1,\ q_p=4,\ q_n=2,\ a=1.$

Находим;

$$n_{к.\,п}=n_{к.\,р}=2p\cdot m=4\cdot1=4;$$

$$z_p=\frac{2}{3}\cdot z=\frac{2}{3}\cdot24=16;\quad z_n=\frac{1}{3}\cdot z=\frac{1}{3}\cdot24=8;$$

$$q_p=\frac{z_p}{2p\cdot m}=\frac{16}{4\cdot1}=4 \text{ и } q_n=\frac{z_n}{2p\cdot m}=\frac{8}{4\cdot1}=2;$$

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{24}{4}=6 \text{ и укороченный шаг}$$

$$y'_n\approx0{,}8\cdot y_n=0{,}8\cdot6=4{,}8\approx5\ (1-6);$$

$$\beta=\frac{y'_n}{y_n}=\frac{5}{6}=0{,}833.$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z_p}{m}=\frac{16}{1}=16 \text{ и } \frac{z_n}{m}=\frac{8}{1}=8;\quad \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{4}{1\cdot1}=4;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{4}{1\cdot1}=4;\quad \gamma^\circ_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot2}{24}=30^\circ;$$

$$n_z=\frac{\alpha^\circ_{эл}}{\gamma^\circ_{эл}}=\frac{90^\circ}{30^\circ}=3\ (H_p=1;\ H_n=1+3=4),$$

т. е. обмотка выполнима (фиг. 65).

Пример 3. Составить схему двухфазной двухслойной обмотки с укорочением шага, если дано: $z=12$, $2p=2$, $m=2$ и $a=1$.

Находим:

$$n_к=2p\cdot m=2\cdot2=4;$$

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{12}{2\cdot2}=3;$$

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{12}{2}=6$$

и укороченный шаг

$$y'_n\approx0{,}8\cdot y_n=0{,}8\cdot6=4{,}8\approx5\ (1-6);$$

$$\beta=\frac{y'_n}{y_n}=\frac{5}{6}=0{,}833.$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{12}{2}=6;\quad \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{4}{1\cdot2}=2;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{2}{1\cdot1}=2;\quad \gamma^\circ_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot1}{12}=30^\circ;$$

$$n_z=\frac{\alpha^\circ_{эл}}{\gamma^\circ_{эл}}=\frac{90^\circ}{30^\circ}=3(H_{\rm I}=1;\ H_{\rm II}=1+3=4),$$

т. е. обмотка выполнима (фиг. 66).

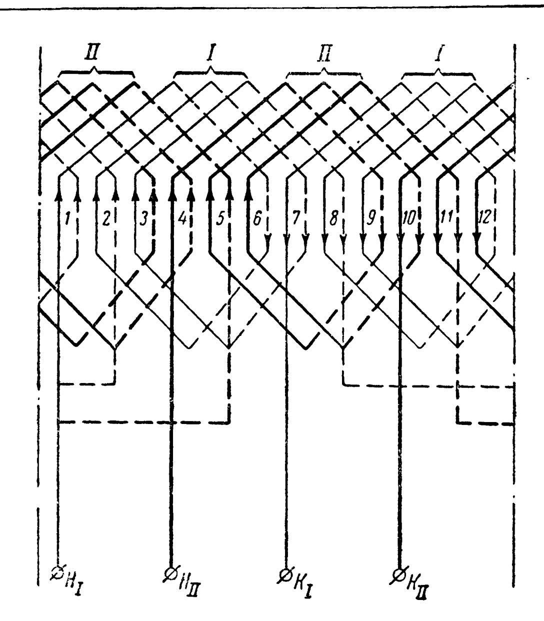
Пример 4. Дано: $z=15$, $2p=4$, $m=3$ и $a=1$. Требуется составить схему трехфазной двухслойной обмотки с дробным числом пазов на полюс и фазу.

Находим:

$$n_к=2p\cdot m=4\cdot3=12;$$

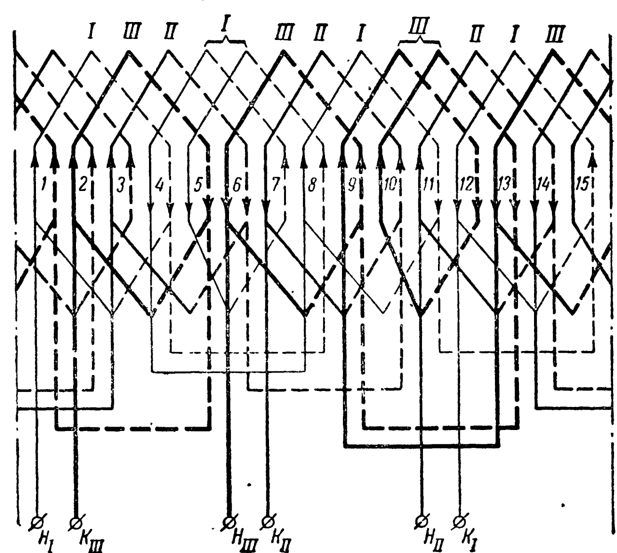
$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{15}{4\cdot3}=1{,}25;\quad q=b+\frac{c}{d}=1+{}^1\!/_4=1{,}25;$$

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{15}{4}=3{,}75$$



Фиг. 66. Схема двухслойной секционной обмотки.

$z = 12,\ 2p = 2,\ m = 2,\ q = 3,\ a = 1.$



Фиг. 67. Схема двухслойной секционной обмотки.

$z = 15,\ 2p = 4,\ m = 3,\ q = 1^1/_4,\ a = 1.$

и укороченный шаг

$$y'_n \approx 0{,}8 \cdot y_n = 0{,}8 \cdot 3{,}75 = 3\ (1 - 4);$$

$$\beta = \frac{y'_n}{y_n} = \frac{3}{3{,}75} = 0{,}8;$$

число цифр в ряду $d = 4$;

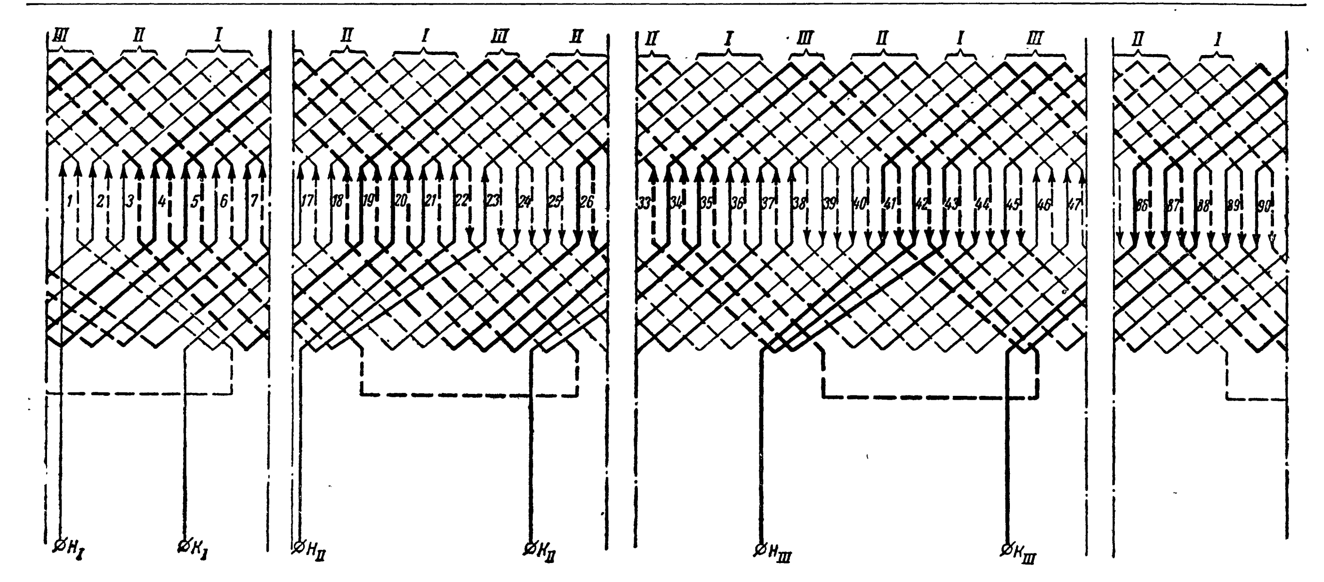
сумма цифр в ряду $N_p = b \cdot d + c = 1 \cdot 4 + 1 = 5$;

число рядов обмотки $n_p = \frac{2p \cdot m}{d} = \frac{4 \cdot 3}{4} = 3$;

основной ряд цифр (1112);

Фиг. 68. Схема стержневой волновой двухслойной обмотки.

$z = 54,\ 2p = 6,\ m = 3,\ q = 3,\ a = 1.$



Фиг. 69. Схема стержневой волновой двухслойной обмотки. $z=90$, $2p=12$, $m=3$, $q=2^1/_2$, $a=1$.

Чередование катушечных групп обмотки:

(1112) (1112) (1112)

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{15}{3}=5; \quad \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{12}{1\cdot 3}=4;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{4}{1\cdot 4}=1; \quad \gamma^\circ_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot 2}{15^\circ}=48^\circ;$$

$$n_z=\frac{\alpha^\circ_{эл}}{\gamma^\circ_{эл}}=\frac{480^\circ}{48^\circ}=10 \ (H_I=1;\ H_{II}=1+10=11,$$

$$H_{III}=1+2\cdot 10=21 \text{ или } H_{III}=6),$$

т. е. обмотка выполнима (фиг. 67).

Размещение обмотки по пазам представлено на табл. 21.

Таблица 21

Число фаз/полюсов	I ф	III ф	II ф
I П	1*	1	1
II П	2	1***	1
III П	1	2	1**
IV П	1	1	2
$\frac{z}{m}$	5	5	5

* Начало первой фазы.
** Начало второй фазы.
*** Начало третьей фазы.

Пример 5. Дано: $z=54$, $2p=6$, $m=3$ и $a=1$. Требуется составить стержневую-волновую обмотку.

Находим:

$$n_к=2p\cdot m=6\cdot 3=18; \quad q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{54}{6\cdot 3}=3;$$

$$y_п=\frac{z}{2p}=\frac{54}{6}=9 \ (1-10).$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{54}{3}=18; \quad \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{18}{1\cdot 3}=6;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot m}=\frac{6}{1\cdot 3}=2; \quad \gamma^\circ_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot 3}{54}=20^\circ;$$

$$n_z=\frac{\alpha^\circ_{эл}}{\gamma^\circ_{эл}}=\frac{120^\circ}{20^\circ}=6.$$

При $2p=6$ перемычки будут пересекаться.

Цифровая схема 1 ф.

|1| — |10| — 19 — 28 — 37 — 46
2 — 11 — 20 — 29 — 38 — 47
|3| — 12 — 21 — 30 — 39 — |48|

$$H_I=1;$$

$$K_I=10;$$

3 —— 48 перемычка;

откуда

$$H_{II}=1+n_z=1+6=7;$$

$$H_{III}=1+2n_z=1+2\cdot 6=13;$$

$$K_{II}=n_z+\left(1+\frac{z}{2p}\right)=6+\left(1+\frac{54}{6}\right)=16;$$

$$K_{III}=2n_z+\left(1+\frac{z}{2p}\right)=2\cdot 6+10=22.$$

Перемычки:

I ф. от 3 —— 48, где $q=3$ и $z_н=48$;

II ф. от $(q+n_z)=(3+6)=9$ —— $(z_п+n_z)=$
$=(48+6)=54$;

III ф. от $(q+2n_z)=(3+2\cdot 6)=15$ —— $z_n+2\cdot n_z)=$
$=(48+2\cdot 6)=60-54=6$.

Итак,

I ф. от 3 —— 48
II ф. от 9 —— 54 } перемычки
III ф. от 15 —— 6

фиг. (68).

Пример 6. Составить двухслойную стержневую-волновую обмотку с дробным числом пазов на полюс и фазу, если дано:

$$z=90,\ 2p=12,\ m=3 \text{ и } a=1.$$

Находим:

$$n_к=2p\cdot m=12\cdot 3=36;$$

$$q=\frac{z}{2p\cdot m}=\frac{90}{12\cdot 3}=2{,}5;\ q=b+\frac{c}{d}=2+{}^1/_2;$$

$$y_n=\frac{z}{2p}=\frac{90}{12}=7{,}5.$$

Берем два шага:

$$y_n=7\,(1-8);$$
$$y_n=8\,(1-9).$$

Условия симметрии и выполнимости:

$$\frac{z}{m}=\frac{90}{3}=30;\ \frac{n_к}{a\cdot m}=\frac{36}{1\cdot 3}=12;$$

$$M=\frac{2p}{a\cdot d}=\frac{12}{1\cdot 2}=6;\ \gamma^\circ_{эл}=\frac{360^\circ\cdot p}{z}=\frac{360^\circ\cdot 6}{90}=24^\circ;$$

$$n_z=\frac{\alpha^\circ_{эл}}{\gamma^\circ_{эл}}=\frac{480^\circ}{24^\circ}=20$$

(фиг. 69).

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

44. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ НАГРУЗКИ

При реконструкции старых электростанций и сетей (изменение мощности, напряжения, частоты тока, числа фаз и т. д.) приходится изменять паспорта существующих машин, что достигается путем перемотки, а иногда и небольшой механической переделки.

Так как некоторые заводские силовые сети переходят с 500 на 380 *в* или наоборот, то асинхронные двигатели требуется перематывать на соответствующие данные. Но бывают случаи, что необходимо по тем или иным соображениям изменить число оборотов двигателя, что повлечет за собой изменение мощности, или изменить мощность, что вынуждает получить другое число оборотов.

Как при изменении напряжения двигателя, так и числа оборотов, числа фаз, частоты тока и др. перемотка без технически правильного расчета не должна допускаться, так как неверные обмоточные данные и несоответствующий им паспорт не только отразятся на процессе работы самого двигателя, но и на сети, ухудшив ее $\cos\varphi$.

Необходимо пересчитывать электрические машины и в том случае, если не требуется изменения паспорта, с целью проверки их электромагнитных нагрузок и подбора числа проводников и площади поперечного сечения в случае замены непригодной обмотки новой. Обмоточный провод является очень ценным материалом, поэтому при подборе обмотки приходится подсчитывать сечение провода, число параллельных проводников, число параллельных ветвей, что связано с изменением общего числа проводников в пазу статора или ротора.

Особенность пересчета машин переменного тока заключается в том, что подсчет индуктированной э. д. с. в статоре асинхронного двигателя производится с учетом обмоточного коэффициента, частоты тока и числа фаз. Кроме того, число оборотов асинхронных машин жестко связано с числом пар полюсов, тогда как в машинах постоянного тока число оборотов не зависит от числа полюсов.

При пересчете машин переменного тока оставляем неизменным магнитный поток при изменении напряжения, а следовательно, сохраняется отношение напряжения к числу эффективных витков в фазе $\frac{U_ф}{W_{ф.эфф}} \equiv \Phi$.

Изменение данного отношения допускается при перемотке не более, чем на $\pm 5\%$, иначе свойства электродвигателя ухудшатся (к. п. д., $\cos\varphi$ и перегрузочная способность).

Незначительное отклонение новой обмотки от старой можно допускать не только в отношении изменения магнитного потока на $\pm 5\%$, но также и плотности тока (изменение сечения проводников). Бо́льшее повышение электромагнитных нагрузок не рекомендуется, так как увеличенная магнитная индукция не только повышает нагрев, но и реактивную составляющую тока холостого хода. Последняя увеличивается в ненасыщенной машине при уменьшении числа эффективных витков в фазе на $+5\%$ примерно на $(1{,}05)^2 = 1{,}1$, т. е. на 10%, а в насыщенной еще выше.

Величина реактивной составляющей тока холостого хода или намагничивающий ток отражается отрицательно на $\cos\varphi$ и к. п. д. двигателя.

При уменьшении сечения на 5% плотность тока возрастает также на 5%, а нагрев обмотки в $(1{,}05)^2 = 1{,}1$ раз, т. е. на 10%, что также неблагоприятно отзывается на нагреве машины.

Необходимо заметить, что уменьшение числа витков в фазе оказывает и положительное воздействие на двигатель, т. е. увеличивает максимальный момент вращения двигателя (перегрузочную способность), а также пусковой момент вращения и номинальный момент.

Из теории асинхронного двигателя известно, что

$$M_{вр} = k \cdot \Phi \cdot I_2^2 \text{ и } M_{макс} \equiv \Phi^2,$$

где Ф — поток двигателя, *мкс*;
I_2 — ток в роторе, *а*;
k — конструктивный коэффициент двигателя.

Для короткозамкнутых двигателей

$$M_n \equiv Ф^2.$$

Перегрузочной способностью двигателя называется отношение максимального момента к номинальному.

По ГОСТ 183-41 допускается: для трехфазных двигателей кратность перегрузочного момента

$$k_м = \frac{M_{макс}}{M_н} \geqslant 1{,}65 \div 1{,}8,$$

где 1,65 — для двигателей с короткозамкнутым ротором;
1,8 — для двигателей с фазным ротором;
для однофазных двигателей:

$$k_м = \frac{M_{макс}}{M_н} \geqslant 1{,}35 \div 1{,}65,$$

где 1,35 — для двигателей с короткозамкнутым ротором.

Пусть до перемотки трехфазного двигателя было $k_м = 1{,}8$. После перемотки поток уменьшен в 1,1 раз, то $M_{макс} \equiv Ф^2$ в свою очередь понизится в $(1{,}1)^2 = 1{,}21$ раза, а перегрузочная способность будет:

$$k_м = \frac{1{,}8}{1{,}21} = 1{,}5.$$

Полученный результат является нежелательным, так как при этом двигатель не „потянет" механизм, соответствующий мощности данного паспорта.

Линейную нагрузку (AS) и максимальную магнитную индукцию в воздушном зазоре (B_l) для асинхронных двигателей при пересчете можно брать из табл. 22 и 23.

Таблица 22

Выбор AS и B_l в асинхронных двигателях

P, *ква*/2 p	AS, *а/см*		B_l, *гс*
	2 p=4	2 p=6	
1	170	225	6 100
5	240	320	6 700
10	270	350	7 200
50	370	425	7 700
150	450	500	8 300
300	500	525	8 600

Таблица 23

Двигатели	AS, *а/см*	B_l, *гс*
Малые до 5÷10 *квт*	90÷250	5 000÷7 000
Большие до 500 *квт*	300 и выше	7 000÷11 000
Свыше 500 *квт*	500 и выше	7 000÷11 000

Допустимая магнитная индукция в спинке статора

$$B_{a1} = 14\,000 \div 17\,000 \; гс,$$

в спинке ротора $B_{a2} = 10\,000 \div 16\,000$ *гс*.

Максимальные допустимые индукции в зубцах:

а) статора $B_{z1\,макс} \leqslant 15\,000 \div 21\,000$ *гс* при $f = 50$ *гц*;

б) ротора $B_{z2\,макс} \leqslant 16\,000 \div 22\,000$ *гс*.

В обмотках статора допускается плотность тока $\Delta_1 = 3 \div 8$ *а/мм²*, в обмотках ротора $\Delta_2 = 4{,}5 \div 8{,}5$ *а/мм²*.

В стержне короткозамкнутого ротора: $\Delta_2 = 5 \div 7$ *а/мм²* для медного и $\Delta_2 = 2{,}5 \div 4{,}5$ *а/мм²* для алюминиевого.

Плотность тока в короткозамкнутом кольце допускается выше на 15÷25%, ввиду лучших условий охлаждения, т. е. $\Delta_к = (1{,}15 \div 1{,}25)\Delta_2$.

Большие значения плотности тока относятся к машинам открытого исполнения с хорошей вентиляцией или к машинам с кратковременной нагрузкой, малые значения — к машинам закрытого исполнения или открытого — без вентиляторов. Проверять нагрев можно по фактору пропорционального перегрева:

$$\Delta t°C \equiv AS \cdot \Delta \leqslant 1\,000 \div 2\,200,$$

где меньшие пределы относятся к закрытым машинам, а большие — к вентилируемым.

45. ЭЛЕКТРОДВИЖУЩИЕ СИЛЫ СТАТОРА И РОТОРА

Наведенные э. д. с. в обмотках статора и ротора, как известно, зависят от магнитного потока, частоты тока и числа витков.

Для статора

$$E_1 = 4\; k_B \cdot f_1 \cdot Ф \cdot f_{w1} \cdot W_1 \cdot 10^{-8} \; в;$$

для ротора

$$E_2 = 4 \cdot k_B \cdot f_2 \cdot Ф \cdot f_{w2} \cdot W_2 \cdot 10^{-8} \; в;$$

где E_1 и E_2 — э. д. с. статора и ротора;
k_B — коэффициент формы поля, равный для синусоиды 1,11;

f_1 — частота тока в статоре по стандарту $f_1 = 50$ *гц*);

Φ — магнитный поток в максвеллах (*мкс*);

W_1 и W_2 — числа витков на фазу в статоре и роторе;

f_{w1} и f_{w2} — обмоточные коэффициенты статора и ротора (обычно f_{w1} и $f_{w2} = 0{,}9 \div 1$); $f_2 = f_1 \cdot s$, где s — коэффициент скольжения, обычно равный $1{,}5 \div 6\%$.

При режиме короткого замыкания $f_1 = f_2$.

Так как падения напряжений в статоре и роторе при нагрузке незначительны, то магнитный поток двигателя

$$\Phi \approx \text{const, а } E_{1\phi} \approx U_{1\phi} \text{ и } E_{2\phi} \approx U_{2\phi}.$$

46. СВЯЗЬ МЕЖДУ Э. Д. С. И ТОКАМИ В СТАТОРЕ И РОТОРЕ

Так как в заторможенном состоянии асинхронный двигатель представляет собой трансформатор, то э. д. с. ротора зависит от э. д. с. статора и отношения чисел витков.

Если значения э. д. с. статора и ротора поделим одно на другое, то получим:

$$\frac{E_{1\phi}}{E_{2\phi}} = \frac{4{,}44 \cdot f_1 \cdot \Phi \cdot f_{w1} \cdot W_1 \cdot 10^{-8}}{4{,}44 \cdot f_2 \cdot \Phi \cdot f_{w2} \cdot W_2 \cdot 10^{-8}} = \frac{f_1 \cdot f_{w1} \cdot W_1}{f_2 \cdot f_{w2} \cdot W_2},$$

но $f_1 = f_2$ при режиме короткого замыкания, тогда

$$\frac{E_{1\phi}}{E_{2\phi}} = \frac{f_{w1} \cdot W_1}{f_{w2} \cdot W_2}$$

или

$$E_{2\phi} = E_{1\phi} \cdot \frac{f_{w2} \cdot W_2}{f_{w1} \cdot W_1} \text{ для } m_1 = m_2 \text{ и } E_{2л} = E_{1л} \cdot \frac{f_{w2} \cdot W_2}{f_{w1} \cdot W_1}$$

для $m_1 = m_2$ и одинакового соединения фаз статора и ротора. Падение напряжения в обмотке статора можно брать по табл. 24

Таблица 24

Относительное падение напряжения в статоре асинхронных двигателей в зависимости от мощности

Мощность P, *квт*	Относительное падение напряжения, *в* [ε]
0,1÷1,1	0,11÷0,06
1,1÷7,5	0,06÷0,04
7,6÷25	0,04÷0,03
26÷100	0,03÷0,02
101÷1 000	~ 0,02
Свыше 1 000	~ 0,015

Для приближенных расчетов можно пользоваться следующими формулами.

Фазовое напряжение при разомкнутых кольцах ротора:

$$U_{2\phi} \approx U_{1\phi} \cdot \frac{W_2}{W_1} \text{ для } m_1 = m_2$$

и

$U_{2л} \approx U_{1л} \cdot \frac{W_2}{W_1}$ для $m_1 = m_2$ и одинакового соединения фаз статора и ротора; $U_{2л} \approx \sqrt{3} \times U_{л1} \cdot \frac{W_2}{W_1}$ для $m_1 = m_2$ и соединения фаз статора в треугольник и соединения фаз ротора в звезду.

Для однофазного двигателя ($m_1 = 1$):

$$U_{л2} = U_{л1} \cdot \frac{2 \cdot W_2 \cdot f_{w1}}{W_1 \cdot f_{w2}},$$

где $U_{л2}$ — максимальное напряжение между двумя кольцами ротора,

числа витков на фазу статора и ротора

$$W_1 = \frac{z_1 \cdot N_{п1}}{2 \cdot m_1} \text{ и } W_2 = \frac{z_2 \cdot N_{п2}}{2 \cdot m_2},$$

а z_1 и z_2 — числа пазов статора и ротора;
m_1 и m_2 — числа фаз статора и ротора;
$N_{п1}$ и $N_{п2}$ — числа эффективных проводов в пазах статора и ротора.

Для короткозамкнутого ротора

$$E_{2\phi} = 0{,}5 \cdot \frac{E_{1\phi}}{f_{w1} \cdot W_1} \text{ или } U_{2\phi} = 0{,}5 \cdot \frac{U_{1\phi}}{f_{w1} \cdot W_1},$$

так как $f_{w2} = 1$ и $W_2 = {}^1/_2$.

Зависимость тока ротора от тока статора выражается через отношение их эффективных витков, и так как число ампервитков ротора приблизительно меньше на $10 \div 15\%$ числа ампервитков статора, то ток одной фазы ротора будет:

для многофазного двигателя

$$I_2 = (0{,}9 \div 0{,}85) \cdot I_1 \cdot \frac{f_{w1} \cdot W_1 \cdot m_1}{f_{w2} \cdot W_2 \cdot m_2};$$

для однофазного двигателя

$$I_2 = (0{,}9 \div 0{,}85) \cdot I_1 \cdot \frac{f_{w1} \cdot W_1}{2 \cdot f_{w2} \cdot W_2},$$

где коэффициенты 0,9 и 0,85 учитывают уменьшение числа ампервитков ротора за счет тока холостого хода (0,9 для двигателей средней и большой мощности, а 0,85 — для малой мощности);

коэффициент 2 в знаменателе формулы учитывает, что однофазная обмотка двигателя представляет собой как бы трехфазную обмотку, у которой одна фаза выключена, а две другие соединены последовательно, откуда общее число витков W_1 приходится на две фазы, а для одной фазы $\frac{W_1}{2}$.

Для короткозамкнутого ротора („беличья" клетка)

$$I_{2ф}=(0{,}85\div 0{,}9)\cdot I_{1ф}\cdot\frac{m_1\cdot f_{w1}\cdot W_1}{m_2\cdot f_{w2}\cdot W_2},$$

но так как

$$f_{w2}=1,\ W_2=0{,}5,\ m_2=\frac{z_2}{p},$$

то

$$I_{2ф}=(0{,}85\div 0{,}9)\cdot I_{1ф}\cdot\frac{m_1\cdot f_{w1}\cdot W_1\cdot p}{z_2\cdot 1\cdot 0{,}5}=$$

$$=(1{,}7\div 1{,}8)\cdot\frac{I_{1ф}\cdot m_1\cdot W_1\cdot f_{w1}\cdot p}{z_2}$$

или

$$I_{2ф}=(1{,}7\div 1{,}8)\cdot I_{1ф}\cdot\frac{m_1\cdot W_1\cdot f_{w1}\cdot p}{z_2}.$$

Ток в стержне

$$I_s=\frac{I_2}{p}.$$

Ток в короткозамкнутом кольце

$$I_к=\frac{I_s}{2\cdot\sin\frac{\pi p}{z_2}}\text{ или приближенно } I_к\approx$$

$$\approx 0{,}16\cdot\frac{I_s\cdot z_2}{p},$$

где p — число пар полюсов.

47. ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ДРУГОЕ НАПРЯЖЕНИЕ

При пересчете на новое напряжение необходимо сохранение магнитного потока или небольшое отклонение не более чем на $\pm 5\%$. Для этого число витков на фазу берем прямо пропорционально изменению напряжения, а обмоточные данные ротора не изменяем, так как напряжение на кольцах ротора установится пропорционально отношению витков.

При переходе на напряжение значительно выше 500 *в* следует несколько уменьшить мощность двигателя, так как ухудшится коэффициент заполнения паза из-за усиленной изоляции.

Пусть

$$E_{стар}=4{,}44\cdot f_{w1}\cdot f_1\cdot\Phi\cdot W_{стар}\cdot 10^{-8}\ в,$$

$$E_{нов}=4{,}44\cdot f_{w1}\cdot f_1\cdot\Phi\cdot W_{нов}\cdot 10^{-8}\ в.$$

Разделим одно выражение на другое:

$$\frac{E_{нов}}{E_{стар}}=\frac{4{,}44\cdot f_{w1}\cdot f_1\cdot\Phi\cdot W_{нов}\cdot 10^{-8}}{4{,}44\cdot f_{w2}\cdot f_1\cdot\Phi\cdot W_{стар}\cdot 10^{-8}}=\frac{W_{нов}}{W_{стар}}$$

или

$$\frac{E_{нов}}{E_{стар}}=\frac{W_{нов}}{W_{стар}},$$

но

$$E_{нов}\approx U_{нов}\text{ и } E_{стар}\approx U_{стар},$$

тогда

$$\frac{U_{нов}}{U_{стар}}=\frac{W_{нов}}{W_{стар}},$$

т. е. окончательно

$$W_{нов}=W_{стар}\cdot\frac{U_{нов}}{U_{стар}},$$

откуда новое число эффективных проводов в пазу

$$N_{п.нов}=N_{п.стар}\cdot\frac{U_{нов}}{U_{стар}}.$$

При подборе нового эффективного числа проводов в пазу можно подбирать параллельные ветви и параллельные провода в зависимости от надобности и удобства выполнения обмотки.

Эффективная площадь поперечного сечения проводника найдется:

$$s_{м.\ нов}=s_{м.\ стар}\cdot\frac{I_{стар}}{I_{нов}}$$

или

$$s_{м.\ нов}=s_{м.\ стар}\cdot\frac{N_{п\ стар}}{N_{п.\ нов}}.$$

Потребный ток определится:

$$I_{нов}=I_{стар}\cdot\frac{U_{стар}}{U_{нов}}.$$

Пример 1. Асинхронный четырехполюсный двигатель напряжением 220/380 *в* при токе 19/11 *а*. с числом эффективных проводов в пазу $N_п=24$ и диаметром провода обмотки 1,81 *мм* необходимо перемотать на 127/220 *в*.

Находим:

1) новое эффективное число проводов в пазу

$$N_{п.\ нов}=N_{п.\ стар}\cdot\frac{U_{нов}}{U_{стар}}=24\cdot\frac{220}{380}=14,$$

так как диаметр провода получится значительно больше диаметра 1,81 *мм*, то соединяем обмотку в 2 параллельные ветви ($a=2$) и берем вместо 14, $N_{п.\ нов}=28$;

2) новое поперечное сечение проводника

$$s_{м.\ нов}=s_{м.\ стар}\cdot\frac{N_{п.\ стар}}{N_{п.\ нов}}=2{,}63\cdot\frac{24}{28}=2{,}25\ мм^2$$

(диаметр 1,68 ПБД),

где $s_{м.\ стар}=0{,}8\cdot 1{,}81^2=2{,}63\ мм^2$

Новое сечение $s_{м.\ нов}=2{,}25$ *мм²* относится к элементарному проводнику.

Пример 2. Асинхронный двигатель напряжения на 220 *в* с соединением обмотки в звезду при токе 25 *а*, числе эффективных проводов в пазу $N_п=30$ и диаметром провода 1,62 *мм*, необходимо перемотать на 500 *в* с соединением в звезду:

$$U_{стар}=220\ в,\ s_{м.\ стар}=0{,}8\cdot1{,}62^2=2{,}1\ мм^2,$$
$$N_{п.\ стар}=30,$$

при $U_{нов}=500$ *в*, чему равно $s_{м.\ нов}$.

Находим:

1. Новое эффективное число проводов в пазу

$$N_{п.\ нов}=N_{п.\ стар}\cdot\frac{U_{нов}}{U_{стар}}=30\cdot\frac{500}{220}=68.$$

2. Новое поперечное сечение проводника

$$s_{м.\ нов}=s_{м.\ стар}\cdot\frac{N_{п.\ стар}}{N_{п.\ нов}}=2{,}1\cdot\frac{30}{68}=0{,}93$$

(диаметр 1,08 ПЭБО).

3. Силу тока при 500 *в*

$$I_{нов}=I_{стар}\cdot\frac{U_{стар}}{U_{нов}}=25\cdot\frac{220}{500}=11\ а.$$

48. ПЕРЕСОЕДИНЕНИЕ ОБМОТКИ

В случае отсутствия дефектов в обмотке статора двигателя, особенно средней и большой мощности, ее перематывать нет надобности, а надо попытаться пересоединить обмотку на требуемое напряжение, т. е. изменить число параллельных ветвей или число параллельных проводов. Если обмотка с новым числом параллельных ветвей будет иметь разницу в числе эффективных проводников на $10\div15\%$ по сравнению с необходимым, то требуется установить точно мощность двигателя, исходя из нормального перегрева. Пересоединение возможно с большего напряжения на меньшее, а с меньшего на большее удается лишь тогда, когда в обмотке имеются параллельные ветви, поэтому этот случай является редким. При последовательном соединении катушечных групп в фазе пересоединить обмотку на большее напряжение совершенно нельзя.

При пересоединении двигателя на большее напряжение следует иметь в виду, что при напряжении 500 *в* и выше требуется усиление изоляции в пазу, что поведет к перемотке двигателя и уменьшению мощности.

Итак, пересоединения возможны при условии сохранения характеристик двигателя на следующие напряжения:

1) пропорциональное $\sqrt{3}$ (220 *в* λ пересоединяем на напряжение 127 *в* △ или 220 *в* △ — на 380 *в* λ);

2) кратное 2, 3 и т. д., если числа параллельных ветвей позволят ($U=6\,000$ *в* λ последовательное соединение и 3 000 *в* λ соединение в 2 параллельные ветви);

3) пропорциональное приблизительно $\sqrt{3}$ и кратное параллельным ветвям.

Последний случай требует точного пересчета, так как свойства двигателя, безусловно ухудшатся, а следовательно, и несколько изменится мощность.

Пример 1. Трехфазный асинхронный двигатель 127 *в* Δ имеет соединение катушечных групп в фазе в 2 параллельные ветви. Необходимо пересоединить на 500 *в* λ. Для этого требуется переключить катушки на последовательное соединение, что соответствует напряжению: $U=127\cdot2\cdot\sqrt{3}=440$ *в* λ, а необходимо 500 *в* λ. Следовательно, поток увеличится в отношении $\frac{500}{440}=1{,}14$, т. е. на 14%, и намагничивающий ток увеличится в $(1{,}14)^2=1{,}3$, т. е. на 30%, а в насыщенной машине еще больше ($\cos\varphi$ и к. п. д. понизятся). В отношении нагрева двигатель будет иметь некоторый тепловой баланс, так как, с одной стороны, нагрев активной стали увеличится за счет увеличения магнитной индукции, с другой — нагрев обмотки при нагрузке уменьшится за счет уменьшения плотности тока в $(1{,}14)^2=1{,}3$ раза, т. е. на 30%. В результате этого выделение тепла из пазовых частей уменьшится и общий нагрев статора либо скомпенсируется, либо незначительно в ту или иную сторону изменится, что будет в пределах норм.

Такое пересоединение осуществить возможно с сохранением мощности, если допустимые магнитные индукции не на пределе. При этом перегрузочная способность двигателя повысится.

Пример 2. Асинхронный трехфазный двигатель $U=500$ *в* λ с последовательным соединением катушек в фазе необходимо пересоединить на 220 *в*. Пересоединяем катушки на 2 параллельные ветви, тогда число эффективных витков фазы уменьшится в 2 раза, а омическое сопротивление в $2^2=4$ раза, что соответствует напряжению $\frac{500}{2}=250$ *в*.

В этом случае магнитный поток понизится в $\frac{250}{220}=1{,}14$ раза, нагрев активной стали и намагничивающий ток уменьшатся, а следовательно, улучшится $\cos\varphi$ и ухудшится к. п. д. за счет повышенных потерь в меди. При неизменной мощности, если позволит перегрузочная способность, плотность тока увеличится в 1,14 раза, а нагрев обмотки увеличится в $(1{,}14)^2=1{,}3$ раза, т. е. на 30%.

Если даже по нагреву двигатель выдержит, то ввиду уменьшения перегрузочной способности двигатель не „потянет“ на данную мощность, поэтому необходимо пересчитать на

меньшую мощность: при $P=5{,}5$ *квт* получим:

$$P_{нов}=\frac{P_{стар}}{(1{,}14)^2}=\frac{5{,}5}{1{,}3}=4{,}2 \text{ квт},$$

т. е. мощность понизится на 30%.

49. ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ДРУГОЕ ЧИСЛО ОБОРОТОВ

Чтобы изменить число оборотов двигателя, необходимо изменить число полюсов в статоре, а следовательно, подобрать другой шаг обмотки по пазам и число пазов на полюс и фазу.

При этом число проводов в пазу и площадь поперечного сечения провода, безусловно, будут другими.

Магнитный поток при изменении числа оборотов асинхронного двигателя будет меняться прямо пропорционально числу оборотов, если необходимо неизменное напряжение на зажимах при $f=\text{const}$.

Пусть число оборотов, мощность, число полюсов, число проводов в пазу будут:

старые

$$n_{стар},\ P_{стар},\ N_{п.\,стар},\ 2p_{стар},$$

новые

$$n_{нов},\ P_{нов},\ N_{п.\,нов},\ 2p_{нов},$$

тогда

$$n_{нов}=n_{стар}\cdot\frac{N_{п.\,стар}}{N_{п.\,нов}}.$$

Новое число оборотов обратно пропорционально эффективному числу проводов в пазу.

Новое число полюсов определится:

$$2p_{нов}=2p_{стар}\cdot\frac{n_{стар}}{n_{нов}}$$

или

$$2p_{нов}=\frac{120\cdot f}{n_{нов}},$$

если подставим вместо

$$p_{стар}=\frac{60\cdot f}{n_{стар}},$$

где f — частота тока, *гц*.

Мощность изменяется примерно пропорционально изменению числа оборотов.

Пусть:

$$P_{стар},\ n_{стар},\ \cos\varphi_{стар},\ \eta_{стар};$$

$$P_{нов},\ n_{нов},\ \cos\varphi_{нов},\ \eta_{нов},$$

тогда

$$P_{нов}=P_{стар}\cdot\frac{n_{нов}\cdot\cos\varphi_{нов}\cdot\eta_{нов}}{n_{стар}\cdot\cos\varphi_{стар}\cdot\eta_{стар}}.$$

Значения $\cos\varphi$ и к. п. д. можно брать из табл. 25.

Если пренебречь $\cos\varphi$ и η, то можно найти мощность по приближенной формуле:

$$P_{нов}\approx P_{стар}\cdot\frac{n_{нов}}{n_{стар}}.$$

При переходе на большее число оборотов следует проверить окружную скорость.

Так как при уменьшении числа полюсов двигателя необходимо увеличить во столько же раз магнитный поток для сохранения магнитной индукции в воздушном зазоре, то следует проверить индукцию в спинке статора, иначе двигатель будет чрезмерно греться. При пересчете на 3 000 об/мин необходимо значительно снизить индукцию в воздушном зазоре, иначе спинка статора будет сильно нагружена, поэтому повышение мощности будет относительно меньшее. При переходе с 1 500 об/мин на 3 000 об/мин в среднем мощность повышается в 1,5 раза. Можно легко подсчитать максимальную индукцию в воздушном зазоре по приближенной формуле для $f=50$ *гц* и $m=3$.

$$B_l\approx\frac{2{,}5\cdot U_{ф1}\cdot p10^6}{D_l\cdot l_i\cdot z\cdot N_{п1}},$$

где 2,5 — коэффициент, учитывающий падение напряжения, и обмоточный коэффициент обмотки;

p — число пар полюсов;

$U_{ф1}$ — фазовое напряжение, *в*;

(для $\curlywedge$ $U_{ф1}=\frac{U_{л1}}{\sqrt{3}}$, для Δ $U_{ф1}=U_{л1}$);

$$l_i=\frac{l_1+l}{2},$$

l_i — идеальная длина машины, *см*;

l_1 — длина с каналами, *см*;

l — длина без каналов;

$$l_1=l+b_s\cdot n_s,$$

b_s — ширина вентиляционного канала, *см* (обычно $b_s=10$ *мм*),

n_s — число каналов.

Точнее максимальную индукцию можно подсчитать:

$$B_l=\frac{\Phi}{s_l},\quad s_l=a\cdot\tau\cdot l_i,$$

где s_l — сечение в воздушном зазоре, в *см*²;

Таблица 25

Коэффициент полезного действия и cos φ асинхронных электродвигателей в зависимости от номинальной мощности и числа оборотов

η и cos φ / P, квт	Двигатель короткозамкнутый										Двигатель с контактными пальцами									
	η (к. п. д.)					cos φ					η (к. п. д.)					cos φ				
	3 000	1 500	1 000	750	600	3 000	1 500	1 000	750	600	3 000	1 500	1 000	750	600	3 000	1 500	1 000	750	600
0,1	0,67	0,68	—	—	—	0,75	0,69	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,25	0,71	0,72	—	—	—	0,80	0,74	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0,52	0,76	0,77	0,75	—	—	0,84	0,78	0,73	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,0	0,795	0,805	0,79	—	—	0,86	0,81	0,75	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1,75	0,82	0,83	0,815	—	—	0,87	0,84	0,79	—	—	—	—	0,79	—	—	—	—	0,74	—	—
2,85	0,84	0,845	0,835	—	—	0,88	0,85	0,8	—	—	—	0,83	0,81	—	—	—	0,82	0,77	—	—
4,5	0,85	0,86	0,85	0,83	—	0,89	0,86	0,81	0,79	—	—	0,845	0,83	0,83	—	—	0,84	0,79	0,77	—
6,8	0,86	0,865	0,855	0,84	—	0,89	0,87	0,82	0,81	—	—	0,855	0,855	0,84	—	—	0,85	0,81	0,79	—
10	0,87	0,87	0,86	0,85	—	0,89	0,87	0,83	0,82	—	—	0,87	0,86	0,85	—	—	0,86	0,83	0,81	—
14,5	0,88	0,88	0,87	0,86	—	0,89	0,87	0,83	0,83	—	0,88	0,88	0,87	0,86	—	0,89	0,87	0,84	0,83	—
20,5	0,89	0,885	0,88	0,87	—	0,9	0,88	0,84	0,84	—	0,89	0,885	0,88	0,87	—	0,90	0,88	0,85	5,84	—
29	0,9	0,895	0,885	0,88	—	0,9	0,88	0,85	0,85	—	0,9	0,895	0,885	0,88	—	0,90	0,88	0,86	0,85	—
40	0,905	0,9	0,895	0,89	0,885	0,91	0,89	0,85	0,86	0,83	0,905	0,9	0,895	0,89	0,885	0,91	0,89	0,87	0,86	0,83
55	0,91	0,91	0,905	0,90	0,895	0,91	0,9	0,87	0,86	0,84	0,91	0,91	0,905	0,9	0,895	0,91	0,9	0,88	0,86	0,84
75	0,915	0,915	0,91	0,905	0,9	0,91	0,9	0,88	0,87	0,85	0,915	0,915	0,91	0,905	0,9	0,92	0,9	0,88	0,87	0,85
100	0,92	0,92	0,915	0,91	0,905	0,92	0,9	0,88	0,87	0,85	0,92	0,92	0,215	0,91	0,905	0,92	0,9	0,88	0,87	0,85
132	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,925	0,925	0,92	0,915	0,915	0,92	0,91	0,89	0,88	0,86
175	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,93	0,93	0,925	0,92	0,92	0,92	0,91	0,89	0,88	0,86
230	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,935	0,935	0,93	0,925	0,925	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87
300	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	0,935	0,935	0,93	0,93	0,93	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87

Примечания: 1. Асинхронные двигатели, приведенные в таблице, по своей конструкции не предназначены для регулировки числа оборотов.

2. Двигатели, помещенные в таблице выше ступенчатой линии, исполняются без приспособления для подъема щеток и замыкания обмоток ротора на короткое.

3. Двигатели, помещенные ниже ступенчатой линии, исполняются с приспособлением для подъема щеток и для замыкания обмоток ротора на короткое.

4. При исполнении электродвигателей, расположенных в таблице ниже ступенчатой линии, по особому заказу без приспособления для подъема щеток и замыкания обмоток ротора на короткое указанные в таблице к. п. д. уменьшаются:

для электродвигателей мощностью от 1,75 до 20,5 *квт* (включительно) на 1,5%

для электродвигателей мощностью от 20,5 до 100 *квт* (включительно) на 1%

для электродвигателей мощностью от 132 до 300 *квт* (включительно) на 0,5%.

τ — полюсное деление, *см*; $\tau = \frac{\pi \cdot D_l}{2p}$;

α_l — коэффициент магнитного перекрытия

$$(\alpha_i = 0{,}65 \div 0{,}7);$$

$$\alpha_{i\,мин} = \frac{2}{\pi} = 0{,}637,$$

что соответствует синусоидальной форме поля;

Φ — магнитный поток на одну фазу обмотки, *мкс*;

B_l — максимальная индукция, *гс*.

Так как $E_{1ф} \approx U_{1ф}$, если пренебречь падением напряжения в обмотке статора, то

$$\Phi = \frac{U_{ф1} \cdot 10^8}{4{,}44 \cdot f \cdot f_{w1} \cdot W_1}.$$

При точном расчете необходимо учесть падение напряжения в обмотке статора: $E_{1ф} = U_{1ф} - \Delta U$, где $\Delta U = \varepsilon U$, а ε — относительное падение напряжения (см. табл. 24).

Для вывода формулы берем $\alpha_i = 0{,}7$, $f_{w1} = 0{,}96$, $m_1 = 3$, $f_1 = 50$ *гц* и подставим вместо $W_1 = \frac{z_1 \cdot N_{n1}}{2 \cdot m_1}$, тогда

$$B_l = \frac{U_{ф1} \cdot 2m_1 \cdot 10^8}{4{,}44 \cdot f_{w1} \cdot z_1 \cdot N_{n1} \cdot f_1 \cdot a_i \cdot \pi \cdot D_i \cdot l_i} =$$

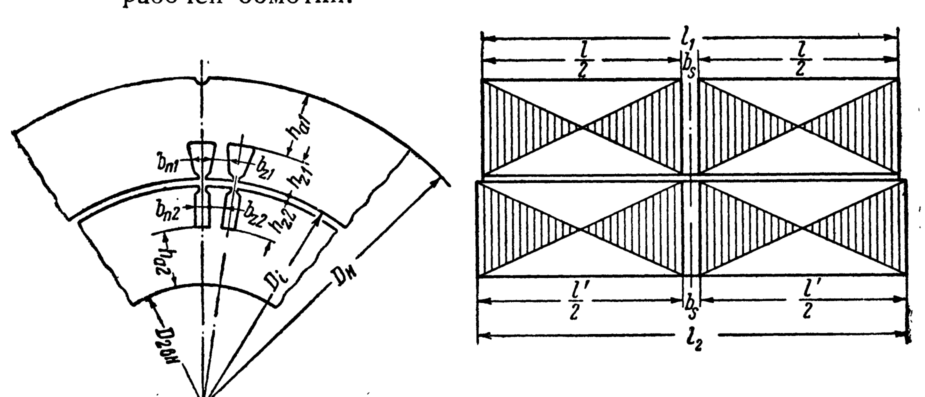
$$= \frac{U_{ф1} \cdot 10^8 \cdot 2 \cdot 3}{4{,}44 \cdot 0{,}96 \cdot z_1 \cdot N_{n1} \cdot 50 \cdot 0{,}7 \cdot 3{,}14 \cdot D_l \cdot l_i} \approx$$

$$\approx \frac{2{,}5 \cdot U_{ф1} \cdot p \cdot 10^6}{D_l \cdot l_l \cdot z_1 \cdot N_{n1}}.$$

Для однофазной обмотки $m_1 = 1$ и $f_1 = 50$ *гц* при $z_p = {}^2/_3 z_1$ и $z_n = {}^1/_3 z_1$ определяем по формуле:

$$B_l = \frac{1{,}4 \cdot U \cdot p \cdot 10^6}{D_i\, l_l \cdot z_1 N_{n1}},$$

где z_1 — число всех пазов статора;
z_p — число пазов рабочей обмотки;
z_n — число пазов пусковой обмотки;
N_{n1} — число эффективных проводов в пазу рабочей обмотки.



Фиг. 70. Эскиз магнитной цепи асинхронного двигателя.

Найдя индукцию в воздушном зазоре, проверяем индукцию в спинке статора и ротора по упрощенной формуле:

$$B_{a1,2} \approx 0{,}6 \cdot \frac{B_l \cdot D_i}{p \cdot h_{a1,2}},$$

где $h_{a1,2}$ — высота спинки статора и ротора, *см* (фиг. 70).

Точнее можно подсчитать по формуле

$$B_a = \frac{\Phi}{2 s_a},$$

где

$$2 s_a = 2 \cdot h_a \cdot k_{cm} \cdot l \text{ см}^2;$$

k_{cm} — коэффициент заполнения активной стали, равный $0{,}9 \div 0{,}97$.

Выведем упрощенную формулу для подсчета индукции в спинках статора и ротора:

$$B_a = \frac{\Phi}{s_a} = \frac{\alpha_i \cdot \tau \cdot l_i \cdot B_l}{2 \cdot h_a \cdot l \cdot k_{cm}} = \frac{\alpha_i \cdot \pi \cdot D_i \cdot l_i \cdot B_l}{2p \cdot 2 \cdot h_a \cdot l \cdot k_{cm}} =$$

$$= \frac{0{,}7 \cdot 3{,}14 \cdot D_i \cdot B_l\, l_i}{2 \cdot h_a \cdot 2p \cdot 0{,}9} \approx 0{,}6 \cdot \frac{B_l \cdot D_i}{p \cdot h_a}.$$

Затем проверяем максимальную магнитную индукцию в зубце статора (в роторе можно не проверять):

$$B_{zмакс} = \frac{B_l \cdot t_1 l_i}{k_{cm} \cdot b_{zмин} \cdot l},$$

где t_1 — шаг по зубцам, $t_1 = \frac{\pi \cdot D_i}{z_1}$ *см*;
$b_{zмин}$ — минимальная толщина зубца, *см* (по этой формуле подсчитывается и индукция в зубце ротора, тогда необходимо подставить t_2 и $b_{z2мин}$).

Допустимые значения максимальных магнитных индукций в зубцах см. § 44.

Ток фазовый для двигателя найдется:

$$I_{ф1} = \frac{P \cdot 10^3}{3 U_{л1} \cdot \eta \cdot \cos\varphi}.$$

Затем проверяем плотность тока в статоре

$$\Delta_1 = \frac{I_{1ф}}{s_{м1эфф}} \ a/мм^2,$$

$$s_{м1эфф} = a_1 \cdot a \cdot s_{м1эл} \ мм^2,$$

где a — число параллельных ветвей;
a_1 — число параллельных проводов. Находим линейную нагрузку

$$AS = \frac{I_{ф1} \cdot N_{n1}}{t_1} \ a/см.$$

Произведение $AS \cdot \Delta_1 \equiv \Delta t°$ С—перегреву, где

$$AS \cdot \Delta_1 \leqslant 1\,000 \div 2\,200.$$

Пример 1. Асинхронный трехфазный к. з. двигатель завода им. Лепсе типа ТА — 41/8, 3,7 *квт*, 750 об/мин (синхронных), 500 λ *в*, 7,2 *а* требуется перемотать на 1 000 об/мин (синхронных).

Данные:

$D_н = 295$ *мм*; $D_i = 190$ *мм*; $l_1 = l = 134$ *мм*; $z_1 = 72$;

$N_{n1} = 28$;

⌀ 1,5 ПЭБО в 1 параллельный провод;

$h_{z1} = 21$ *мм*, $b_{n1} = 6{,}2$ *мм*.

$a = 1$ (последовательное соединение).

1. Задаемся η и $\cos\varphi$ по табл. 25.

$\cos\varphi = 0{,}72$ и

$\eta = 0{,}82$ при $n_1 = 750$ об/мин;

Для $n_1 = 1\,000$ об/мин предварительно определяем

$P_{нов} \simeq 3{,}7 \cdot \frac{1\,000}{750} = 5$ *квт*, и уточняем $\cos\varphi$ и η,

$\cos\varphi = 0{,}78$ и $\eta = 0{,}83$.

2. Находим окончательно мощность при 1 000 об/мин

$$P_{нов}=P_{стар}\cdot\frac{n_{нов}\cdot\cos\varphi_{нов}\cdot\eta_{нов}}{n_{стар}\cdot\cos\varphi_{стар}\cdot\eta_{стар}}=$$

$$=3{,}7\cdot\frac{1\,000\cdot0{,}78\cdot0{,}83}{750\cdot0{,}72\cdot0{,}82}=5{,}5\ \textit{квт}.$$

Итак,

$$P_{нов}=5{,}5\ \textit{квт}.$$

3. Ток фазовый при 1 000 об/мин:

$$I_{л1}=\frac{P_{нов}\cdot10^3}{\sqrt{3}\cdot U_{л1}\cdot\eta_{нов}\cdot\cos\varphi_{нов}}=\frac{5{,}5\cdot10^3}{1{,}73\cdot500\cdot0{,}83\cdot0{,}78}=$$

$$=9{,}8\ a,$$

для λ $I_{ф1}=I_{л1}=9{,}8$ *а*.

4. Число эффективных проводов в пазу статора

$$N_{п.\,нов}=N_{п.\,стар}\cdot\frac{n_{стар}}{n_{нов}}=28\cdot\frac{750}{1\,000}\approx21.$$

Округляем до $N_n=22$.

5. Эффективная площадь поперечного сечения

$$s_{м.\,нов}=s_{м.\,стар}\cdot\frac{N_{п.\,стар}}{N_{п.\,нов}}=0{,}785\cdot1{,}5^2\times$$

$$\times\frac{28}{22}=2{,}3\ \textit{мм}^2,$$

⌀ 1,68 ПЭБО (2,23 $мм^2$).

6. Плотность тока

$$\Delta_1=\frac{I_{ф1}}{s_{м.\,нов}}=\frac{9{,}8}{2{,}23}=4{,}4\ a/\textit{мм}^2.$$

7. Линейная нагрузка

$$AS=\frac{I_{ф1}\cdot N_{п1}}{t_1}=\frac{9{,}8\cdot22}{0{,}83}=260\ a/\textit{см},$$

где

$$t_1=\frac{3{,}14\cdot19}{72}=0{,}83\ \textit{см}.$$

8. Перегрев $\Delta t°C\equiv AS\cdot\Delta_1=260\cdot4{,}4=1\,140$.

9. Максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре

$$B_l\approx\frac{2{,}5\cdot U_{ф1}\cdot p\cdot10^6}{D_i\cdot l_i\cdot z_1\cdot N_{п1}}=\frac{2{,}5\cdot289\cdot3\cdot10^6}{19\cdot13{,}4\cdot72\cdot22}=5\,400\ \textit{гс}.$$

10. Магнитная индукция в спинке статора

$$B_{a1}\approx0{,}6\cdot\frac{B_lD_i}{p\cdot h_{a1}}=0{,}6\cdot\frac{5\,400\cdot19}{3\cdot3{,}15}=6\,600\ \textit{гс},$$

$$h_{a1}=\frac{D_н-D_i}{2}-h_{z1}=\frac{29{,}5-19}{2}-2{,}1=5{,}25-2{,}1=$$

$$=3{,}15\ \textit{см}.$$

11. Магнитная индукция в зубце статора

$$B_{z1\,макс}=\frac{B_l\cdot t_1}{k_{ст}\cdot b_{z1\,мин}}=\frac{5\,400\cdot0{,}83}{0{,}95\cdot0{,}3}=15\,800\ \textit{гс},$$

$$b_{z1\,мин}=t'_1-b_{п1}=0{,}92-0{,}62=0{,}3,$$

где

$$t'_1=\frac{\pi\cdot(D_i+h_{z1})}{z}=\frac{3{,}14\cdot(19+2{,}1)}{72}=0{,}92\ \textit{см}.$$

12. Окружная скорость

$$v=\frac{\pi\cdot D_i\cdot n}{60\cdot100}=\frac{3{,}14\cdot19\cdot1\,000}{60\cdot100}\ \textit{м/сек},$$

что вполне допустимо.

При переходе на повышенную скорость вращения длина вылета лобовых частей обмотки повышается из-за увеличения шага обмотки по пазам. Весьма значительное увеличение длины лобовых частей обмотки наблюдается при переходе на 3 000 об/мин. Поэтому обычно для последних берут укорочение шага обмотки по пазам значительно больше, чем $0{,}8\,y_n$, т. е. примерно $\beta\approx0{,}67$, если не позволяет глубина подшипникового щита. Например, для $z=24$ при $2p=2$ нормальный шаг обмотки по пазам $y_n=\frac{24}{2}=12$, но берут $y'_n=$ $=8\,(1-9)$, откуда $\beta=\frac{8}{12}=0{,}67$.

При пересчете на пониженное число оборотов следует мощность занижать больше, чем требует пропорциональность между числом оборотов и мощностью, вследствие ухудшения вентиляции.

Всегда следует иметь в виду изменение условий охлаждения машины при изменении числа оборотов, так как количество охлаждающего воздуха, прогоняемого вентилятором, пропорционально числу оборотов двигателя.

50. ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ТРЕХФАЗНОЙ СИСТЕМЫ НА ОДНОФАЗНУЮ

При изготовлении как трехфазного, так и однофазного двигателя обычно используют один и тот же штамп, т. е. берут такой же статор (особенно при пересчетах), только заполняют обмоткой однофазного двигателя $^2/_3$ пазов статора. Заполнение всех пазов невыгодно, так как значительно увеличивается расход меди (примерно на 35%), а э. д. с. возрастает лишь на 13,5%, к тому же $^1/_3$ незаполненных рабочей обмоткой пазов необходима для пусковой обмотки.

При таком устройстве статорной системы однофазного двигателя и одинаковых геометрических размерах мощность данного двигателя составляет примерно 70% мощности трехфазного, т. е.

$$P_I\approx0{,}7\cdot P_{III}.$$

Кроме того, для повышения использования активного материала допускают магнитную индукцию в воздушном зазоре однофазного двигателя средней мощности примерно на 10—15% больше, чем для трехфазного

$$B_{\text{I}} = (1{,}1 \div 1{,}15)\cdot B_{\text{III}}.$$

Пусковая обмотка обычно мотается из проводов вдвое меньшей площадью поперечного сечения и вдвое большим количеством проводов в пазу по сравнению с рабочей обмоткой, т. е.

$$N_{п.п} = 2\cdot N_{п.р} \text{ и } s_{м.п} = 0{,}5\cdot s_{м.р}.$$

При пересчете с трехфазной системы на однофазную необходимо пользоваться следующими соотношениями чисел витков:

$$W_{\text{I}} = (1{,}73 \div 2)\cdot W_{\text{III}} \text{ и } N_{п\text{I}} = (0{,}87 \div 1)\cdot N_{п\text{III}}$$

при

$$U_{л\text{I}} = U_{л\text{III}}\text{Y}, \text{ а } W_{\text{I}} = (1 \div 1{,}15)\cdot W_{\text{III}}$$

и

$$N_{п\text{I}} = (0{,}5 \div 0{,}57)\cdot N_{п\text{III}}$$

при

$$U_{л\text{I}} = U_{л\text{III}}\,\Delta,$$

где W_{I} — число эффективных витков рабочей обмотки однофазной системы;

$N_{п\text{I}}$ — число эффективных проводов рабочей обмотки однофазной системы;

W_{III} — число эффективных витков обмотки на фазу трехфазной системы;

$N_{п\text{III}}$ — число эффективных или расчетных проводов в пазу трехфазной системы.

Меньшие пределы коэффициентов (1,73; 0,87; 1 и 0,5) относятся к машинам средней мощности, а большие пределы (2; 1; 1,15 и 0,57) — к машинам малой мощности.

Коэффициент фазной зоны однофазной обмотки ($m=1$) определится:

для шестидесятиградусной зоны:

$$f_\alpha = \frac{\sin\cdot\frac{\pi}{2m}}{q\cdot\sin\frac{\pi}{2m\cdot q}} = \frac{\sin\frac{180^\circ}{2\cdot 1}}{q\cdot\sin\frac{180^\circ}{2\cdot 1\cdot q}} = \frac{\sin 90^\circ}{q\cdot\sin\frac{90^\circ}{q}} = \frac{1}{q\cdot\sin\frac{90^\circ}{q}}$$

или

$$f_\alpha = \frac{1}{q\cdot\sin\frac{\pi}{2q}} \approx \frac{1}{q\cdot\frac{\pi}{2q}} = \frac{2}{\pi} = 0{,}637,$$

т. е. чтобы получить от однофазной машины такое же напряжение как при $f_{w1}=1$, надо иметь на 57% больше меди $\left(\frac{1}{0{,}637}=1{,}57\right)$; для стодвадцатиградусной зоны

$$f_\alpha = \frac{\sin\frac{2}{3}\cdot\frac{\pi}{2m}}{q\cdot\sin\cdot\frac{\pi\cdot 2}{3\cdot q\cdot m}} = \frac{\sin\frac{2}{3}\cdot\frac{180^\circ}{2\cdot 1}}{q\cdot\sin\cdot\frac{180^\circ\cdot 2}{3\cdot q\cdot 1}} = \frac{\sin 60^\circ}{q\cdot\sin\frac{60^\circ}{q}} = \frac{0{,}866}{q\cdot\sin\frac{60^\circ}{q}}.$$

Возьмем отношение

$$\frac{f_{\alpha 120^\circ}}{f_{\alpha 60^\circ}} = \frac{\dfrac{0{,}866}{q\cdot\sin\frac{60^\circ}{q}}}{\dfrac{1}{q\cdot\sin\frac{90^\circ}{q}}} = \frac{0{,}866\cdot q\cdot\sin\frac{90^\circ}{q}}{q\cdot\sin\frac{60^\circ}{q}} = 0{,}866\cdot\frac{\sin\frac{90^\circ}{q}}{\sin\frac{60^\circ}{q}},$$

очевидно, это отношение будет больше единицы при $q>1$.

Пусть $q=4$, тогда

$$\frac{f_{\alpha 120^\circ}}{f_{\alpha 60^\circ}} = 0{,}866\,\frac{\sin\frac{90^\circ}{q}}{\sin\frac{60^\circ}{q}} = 0{,}866\cdot\frac{0{,}383}{0{,}259} = 1{,}28,$$

т. е. примерно больше на 28%.

Поэтому выгодно пользоваться стодвадцатиградусной зоной в однофазной системе.

Согласно теории однофазного асинхронного двигателя коэффициент скольжения увеличивается почти вдвое при переходе с трехфазной системы на однофазную, т. е. $s_{\text{I}}\% \approx 2\cdot s_{\text{III}}\%$.

Если пересчет происходит с однофазной системы на трехфазную, то следует проверить конец вала на новую повышенную мощность при тех же числах оборотов:

$$d_в \approx (19{,}5 \div 25)\cdot\sqrt{\frac{P}{n_1}},$$

где $d_в$ — диаметр конца вала, *см*;

P_a — полезная мощность, *квт*;

n_1 — синхронное число оборотов, об/мин.

51. ПЕРЕСЧЕТ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА ДРУГУЮ ЧАСТОТУ

Для того чтобы при изменении частоты в сети и сохранении обмоточных данных у асинхронного двигателя не изменились его свойства ($\cos\varphi$, нагревание, перегрузочная способность), следует одновременно с изме-

нением частоты подвести к нему другое напряжение при неизменном моменте вращения так, чтобы поток остался постоянным. Например, при увеличении частоты необходимо увеличить и подводимое к двигателю напряжение, так как $\Phi \equiv \frac{U}{f}$. На практике может быть наиболее распространенный случай меняющейся частоты в сети при $M_{вр} = \text{const}$ и $U = \text{const}$. Изменение частоты при постоянном напряжении и обмоточных данных влечет за собой изменение величины магнитного потока двигателя ($U \approx E = k \cdot f \cdot \Phi$). При увеличении частоты тока f поток Φ будет уменьшаться. Последний уменьшит реактивную составляющую тока либо пропорционально, если машина не насыщена, либо даже больше, если машина насыщена. При постоянном моменте активная составляющая тока увеличится, так как $M_{вр} = k \cdot \Phi \cdot I_2$, в результате $\cos\varphi$ улучшится. Теоретически ток холостого хода может измениться в ту или другую сторону, но практически будет несколько уменьшаться. Далее, уменьшение потока уменьшит потери в активной стали, несмотря на увеличение частоты, так как потери в данной стали пропорциональны индукции в квадрате, а частоте — только в степени 1,5÷1,6. В насыщенной машине снизятся и потери в меди из-за резкого уменьшения реактивной составляющей тока. Механические потери можно считать приблизительно одинаковыми в случае небольших изменений частоты, потому что тогда скольжение мало меняется. Итак, практически скольжение незначительно уменьшится при увеличении f. Перегрузочная способность в этом случае постоянна ($M_{макс} = \text{const}$), а мощность пропорциональна частоте, так как

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{M\omega_1}{M\omega_2} = \frac{f_1}{f_2}.$$

В отношении допускаемой нагрузки следует иметь в виду изменение охлаждения машины при изменении числа оборотов. В случае уменьшения частоты все наши рассуждения меняются в противоположную сторону.

При переходе на другую частоту с целью сохранения свойств двигателя необходимо магнитный поток оставить прежним ($\Phi = \text{const}$) при $U = \text{const}$ и, следовательно, изменить обмоточные данные двигателя, так как $\Phi \equiv \frac{U}{f \cdot W}$. При пересчете на повышенную частоту при $n = \text{const}$ увеличится число полюсов машины, что уменьшает шаг обмотки по пазам и длину вылета лобовой части, отражаясь в выгодную сторону на размерах машины. Чрезмерное повышение частоты повышает потери в активной стали и потери в меди обмотки из-за явления вытеснения тока и в результате понижается к. п. д. (η).

Пусть число оборотов $n = \text{const}$, а мощность, число полюсов, частота тока, число эффективных проводов в пазу будут:

старые: $P_{стар}$, $N_{п.\,стар}$, $2p_{стар}$, $f_{стар}$;

новые: $P_{нов}$, $N_{п.\,нов}$, $2p_{нов}$, $f_{нов}$,

тогда новое число полюсов

1) $2p_{нов} = 2p_{стар} \cdot \frac{f_{нов}}{f_{стар}}$,

2) шаг обмотки по пазам $y_{п.\,нов} = \frac{z}{2p_{нов}}$;

3) число пазов на полюс — фазу

$$q_{нов} = q_{ст} \cdot \frac{2p_{ст}}{2p_{нов}}$$

и число катушечных групп

$$n_{к.\,нов} = n_{к.\,ст} \cdot \frac{2p_{нов}}{2p_{ст}};$$

4) эффективное число проводов в пазу

$$N_{п.\,нов} = N_{п.\,стар} \cdot \frac{f_{нов}}{f_{стар}};$$

5) мощность изменится прямо пропорционально изменению частоты

$$P_{нов} = P_{стар} \cdot \frac{f_{нов}}{f_{стар}}.$$

Если требуется значительно повысить частоту, а марка активной стали является не первосортной, то необходимо занизить повышение мощности, примерно на 15÷35% до 500 *гц*.

При пересчете на повышенную частоту следует учесть улучшение качества изоляции и проверить из-за повышения мощности при $n = \text{const}$ конец вала.

Пример 1. Асинхронный трехфазный к. з. двигатель завода „Электросила" типа АД — $\frac{71}{2}$, 28 *квт*, 2 950 об/мин, 500 *в* $\curlywedge$, 41 *а*, 50 *гц* требуется пересчитать на 150 *гц* при неизменном числе оборотов, если известно, что $z = 36$, $N_п = 13$ ($N_{п1эл} = 39$), диаметр 1,56 ПЭБО в 3 параллельных провода, $a = 1$ (последовательное соединение) и $d_в = 55$ *мм*.

Находим:

1) число полюсов

$$2p_{нов} = 2p_{стар} \cdot \frac{f_{нов}}{f_{стар}} = 2 \cdot \frac{150}{50} = 6;$$

2) шаг обмотки по пазам

$$y_{п.\ нов}=\frac{z}{2p_{нов}}=\frac{36}{6}=6\ (1-6),\ \text{т. е. } \beta=0{,}833;$$

3) число пазов на полюс-фазу

$$q_{нов}=q_{ст}\cdot\frac{2p_{ст}}{2p_{нов}}=6\cdot\frac{2}{6}=2$$

и число катушечных групп

$$n_{к.\ нов}=n_{к.\ ст}\frac{2p_{нов}}{2p_{ст}}=6\cdot\frac{6}{2}=18;$$

4) число эффективных проводов в пазу

$$N_{п.\ нов}=\frac{N_{п.\ стар}\cdot f_{стар}}{f_{нов}}=\frac{13\cdot 50}{150}=4{,}35$$

округляем до 5 с учетом уменьшения индукции на 15%;

5) число элементарных проводов

$$N_{п.\ эл}=N_{п.\ нов}\cdot a_{нов}\cdot a=5\cdot 4\cdot 2=40$$

(берем $a_{нов}=4$ параллельным проводам и $a=2$ параллельным ветвям);

6) эффективная площадь поперечного сечения

$$s_{м.\ нов.\ эфф}=s_{м.\ ст.\ эфф.}\cdot\frac{N_{п.\ стар}}{N_{п.\ нов}}=$$

$$=0{,}785\cdot 1{,}56^2\cdot 3\cdot\frac{13}{5}=15\ мм^2;$$

7) элементарная площадь поперечного сечения

$$s_{м.\ эл.\ нов}=\frac{s_{м.\ нов.\ эфф}}{a_{нов.\ a}}=\frac{15}{4\cdot 2}=1{,}88\ мм^2,$$

диаметр 1,5 ПЭБО (1,77 $мм^2$);

8) мощность

$$P_{нов}=P_{стар}\cdot\frac{f_{нов}}{1{,}15\cdot f_{стар}}=\frac{150}{1{,}15\cdot 50}\approx 70\ квт;$$

9) сила тока

$$I_{нов}\approx I_{стар}\cdot\frac{P_{нов}}{P_{стар}}=41\cdot\frac{70}{28}\approx 102\ а;$$

10) плотность тока

$$\Delta_1=\frac{I_{нов}}{s_{м.\ эфф.\ нов}}=\frac{102}{8\cdot 1{,}77}=7{,}2\ а/мм^2;$$

11) проверяем конец диаметра вала

$$d_в\approx 20\cdot\sqrt[3]{\frac{P}{n}}=20\sqrt[3]{\frac{70}{3\,000}}=20\cdot 0{,}285=5{,}7\ см,$$

что недопустимо, так как заданный диаметр вала $d_в=55$ *мм*. Так как потребный диаметр меньше данного, то следует уменьшить мощность так, чтобы диаметры оказались равными, т. е. $d_{потр}=d_{данн}$, тогда окончательно

$$P=\left(\frac{d_в}{20}\right)^3 n=\left(\frac{5{,}5}{20}\right)^3\cdot 3\,000\approx 60\ квт.$$

52. ВОССТАНОВЛЕНИЕ ПАСПОРТА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, НЕ ИМЕЮЩИХ ОБМОТОК И ПАСПОРТНЫХ ТАБЛИЧЕК

В случае, если двигатель не имеет ни паспорта, ни обмоток как в статоре, так и в роторе, то необходимо делать полный расчет.

Иногда удается опытным путем по внешнему виду двигателя определить не только завод-изготовитель, но даже тип машины.

Тогда следует задаться по таблицам в приложении для данного типа машины и завода-изготовителя электромагнитными нагрузками (Δ и B). Последние дают возможность найти параметры обмотки и установить паспорт, т. е. подсчитать мощность по заданным числу оборотов, напряжению, числу фаз, частоте тока и т. д.

Если в таблице имеется искомый двигатель, то обмоточные данные и паспорт легко найти по внутреннему диаметру статора D_i, длинам статора l_1 и l $\left(\text{откуда } l_i=\frac{l_1+l}{2}\right)$ и числу пазов z.

Разберем наихудший случай, когда нельзя установить завода-изготовителя двигателя; тогда первой ориентировкой для расчета обмоточных данных и восстановления паспорта является исполнение двигателя (открытое, закрытое, обдуваемое, герметически закрытое и т. д.). Вторым руководством служат присутствие или отсутствие вентилятора и третьим — учет „устарения" активной стали статора и ротора, изоляция листов, сорт и толщина динамной стали и т. д.

В зависимости от вышеуказанных факторов можно подобрать те или иные электромагнитные нагрузки (плотность тока в обмотке статора и ротора и максимальную магнитную индукцию в воздушном зазоре). Предварительно необходимо сделать следующие замеры статора и ротора:

I. Статор	II. Ротор (короткозамкнутый или с контактными кольцами)
1. $D_{1н}$ в *мм*	1. $D_{2н}$ в *мм*
2. D_i в *мм*	2. $D_{вн}$ в *мм*
3. $l_1=l+n_s\cdot b_s$ в *мм*	3. h_{a2} в *мм*
4. h_{a1} в *мм*	4. h_{n2} в *мм*
5. h_{n1} в *мм*	5. $b_{n2\ ср}/b_{прор.\ 2}$ в *мм*
6. $b_{z1\ мин}/b_{z1\ макс}$ в *мм*	6. $b_{z2\ мин}$ в *мм*
7. $b_{n1\ ср}/b_{прор.\ 1}$ в *мм*	7. z_2
8. δ в *мм*	8. ⌀ стержня и сечение короткозамыкающих колец
9. $\Delta_{ст.1}$ в *мм*	9. $\Delta_{ст.2}$ в *мм*
10. z_1	10. Диаметр конца вала $d_в$ в *мм*

Дано: 1. Линейное напряжение статора $U_{л1}$ *в*, число оборотов в минуту (синхронное) n_1 об/мин, частота тока f *гц*, число фаз статора m_1.

2. Сопряжение фаз $\triangle/\curlywedge$ ($U_{л\curlywedge}=\sqrt{3}\cdot U_{л\Delta}$).

3. Число пар полюсов

$$p=\frac{60\cdot f}{n_1}, \text{ а } 2p=2\cdot\frac{60\cdot f}{n_1}.$$

4. Число пазов статора на полюс и фазу

$$q_1=\frac{z_1}{2p\cdot m_1}.$$

5. Число пазов ротора на полюс и фазу $q_2=\frac{z_2}{2p\cdot m_2}$ (для ротора обычно $m_2=m_1$).

6. Зубцовое деление статора и ротора по коронкам зубцов $t_1=\frac{\pi\cdot D_i}{z_1}$ и $t_2=\frac{\pi\cdot D_{2н}}{z_2}$ *см*.

7. Полюсное деление $\tau=\frac{\pi\cdot D_i}{2p}$ *см* и окружная скорость $v=2\tau f$ *см/сек* и при $f=50$ *гц*, $v=100\tau$ *см/сек* или, как обычно принято при всех механических расчетах, $v=\tau$ *м/сек*.

8. Сечение расточки статора в воздушном зазоре $s_l=a_i\cdot\tau\cdot l_i$ *см*^{2} (обычно $a_i=0{,}65\div0{,}7$),

$$l_i=\frac{l_1+l}{2} \text{ см}.$$

9. Удвоенные сечения спинок статора и ротора

$$2\cdot s_{a1}=2\cdot k_{cm}\cdot l\cdot h_{a1} \text{ см},$$
$$2\cdot s_{a2}=2\cdot k_{cm}\cdot l\cdot h_{a2} \text{ см}.$$

10. Шаги обмоток по пазам статора и ротора

$$y_{n1}=\frac{z_1}{2p} \text{ и } y_{n2}=\frac{z_2}{2p},$$

$$\beta_{1,2}\approx0{,}8\cdot y_{\tau1,2} \text{ и } y'_{n1,2}\approx0{,}8\cdot y_{n1,2};$$

истинное $\beta_{1,2}=\frac{y'_{n1,2}}{y_{n1,2}}$.

11. Число катушек статора и ротора: $n_{к1}=p\cdot m_1$ и $n_{к2}=p\cdot m_2$ — для простой катушечной обмотки; $n_{к1}=2p\cdot m_1$ и $n_{к2}=2p\cdot m_2$ — для двухслойной обмотки.

12. Обмоточный коэффициент обмотки статора и ротора

$$f_{w1}=f_{a1}\cdot f_{к1}=\frac{\sin\frac{\pi}{2m_1}}{q_1\cdot\sin\frac{\pi}{2m_1\cdot q_1}}\cdot\sin(90^\circ\beta_1)$$

и

$$f_{w2}=\frac{\sin\frac{\pi}{2m_2}}{q_2\cdot\sin\frac{\pi}{2m_2q_2}}\sin(90^\circ\cdot\beta_2).$$

13. Электромагнитные нагрузки (Δ_1, Δ_2 и B_l). Выбираем в табл. 7, 22, 23.

14. Магнитный поток двигателя при холостом ходе

$$\Phi_0=B_l\cdot s_l \text{ мкс}.$$

15. Число эффективных витков на фазу статора

$$W_1=\frac{U_{ф1}\cdot10^8}{4{,}44\cdot f\cdot f_{w1}\cdot\Phi_0}.$$

При $U_ф=220$ *в*, $f=50$ *гц* и $f_{w1}=0{,}96$,

$$W_1\approx\frac{10^8}{\Phi_0}.$$

16. Число эффективных проводов в пазу статора

$$N_{n1}=\frac{2m_1\cdot W_1}{z_1}.$$

17. Число элементарных проводов в пазу статора

$$N_{эл.1}=N_{n1}\cdot a_1\cdot a,$$

где a — число параллельных ветвей;

a_1 — число параллельных проводов в пазу.

18. Число эффективных витков в фазе ротора:

для $m_1=m_2$ и одинакового соединения фаз статора и ротора

$$W_2=W_1\cdot\frac{f_{w2}}{f_{w1}}\cdot\frac{U_{2л}}{U_{1л}}$$

для однофазного двигателя ($m_1=1$)

$$W_2=W_1\cdot\frac{f_{w2}}{f_{w1}}\cdot\frac{U_{2л}}{2\cdot U_{1л}},$$

где $U_{2л}$ — напряжение на разомкнутых кольцах ротора (обычно до 300 *в* для малых и средних двигателей и выше 300 *в* для больших).

19. Число эффективных проводов в пазу ротора

$$N_{n2}=\frac{2\cdot m_2\cdot W_2}{z_2},$$

а

$$N_{эл.2}=N_{n2}\cdot a_2\cdot a'.$$

20. Задаемся диаметром провода d_1, определяем поперечное сечение $s_{м1}=0{,}785\cdot d_1^2$ и проверяем по коэффициенту заполнения паза k_{n1}.

21. Коэффициент заполнения паза статора

$$k_{n1}=\frac{s_{м1\,из}\cdot N_{эл.1}}{b_{n1}\cdot h_{n_1}}\leqslant0{,}38\div0{,}45 \text{ до } 500 \text{ в}.$$

22. Фазовый ток статора

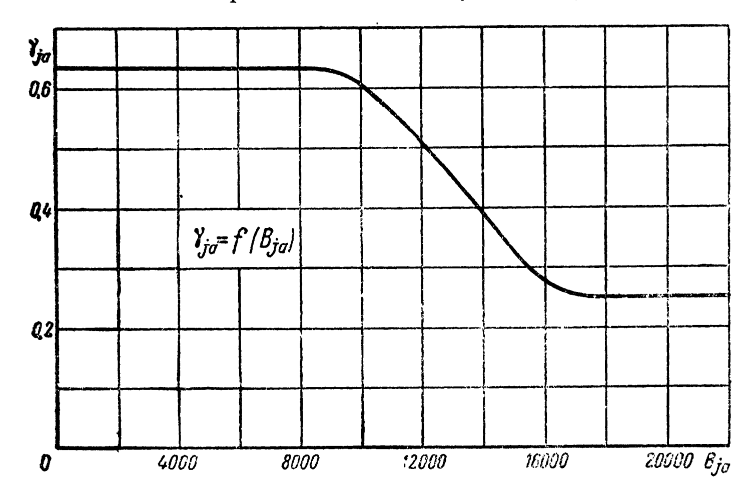
$$I_{\phi 1} = a_1 \cdot a \cdot s_{м1} \cdot \Delta_1 a.$$

23. Линейная нагрузка статора

$$AS = \frac{I_{\phi 1} \cdot N_{п1}}{t_1} \ a/см.$$

24. Фактор пропорционального перегрева

$\Delta t^\circ C \equiv AS \cdot \Delta_1 \leqslant 1\,000 \div 2\,200$ (см. § 44).



Фиг. 71. График коэффициента неравномерного распределения магнитных силовых линий вдоль спинки магнитопровода.

25. Фазовый ток ротора:

для многофазного двигателя:

$$I_{\phi 2} = (0,85 \div 0,9) \cdot I_{\phi 1} \cdot \frac{m_1 \cdot W_1 \cdot f_{w1}}{m_2 \cdot W_2 \cdot f_{w2}};$$

для однофазного двигателя ($m_1 = 1$):

$$I_{\phi 2} = (0,85 \div 0,9) \cdot I_{\phi 1} \cdot \frac{W_1 \cdot f_{w1}}{2 \cdot W_2 \cdot f_{w2}}.$$

26. Элементарное сечение обмотки ротора

$$s_{м2} = \frac{I_{\phi 2}}{a_2 \cdot a' \cdot \Delta_2} \ мм^2.$$

27. Коэффициент заполнения паза ротора

$$k_{п2} = \frac{s_{м2\,из}}{b_{п2\,ср} \cdot h_{п2}} \leqslant 0,38 \div 0,45 \text{ до } 500 \ в.$$

28. Максимальные индукции в зубцах статора и ротора

$$B_{z1\,макс} = \frac{t_1 \cdot B_l l_i}{k_{ст} \cdot b_{z1\,мин} \cdot l} \ гс$$

и

$$B_{z2\,макс} = \frac{t_2 \cdot B_l l_i}{k_{ст} \cdot b_{z2\,мин}\, l} \ гс.$$

29. Минимальная и средняя индукции в зубцах статора

$$B_{z1\,мин} = \frac{t_1 \cdot B_l \cdot l_i}{k_{ст} \cdot b_{z1макс} \cdot l} \ гс$$

и

$$B_{z1\,ср} = \frac{t_1 \cdot B_l l_i}{k_{ст} \cdot b_{z1\,ср} \cdot l}.$$

30. Индукции в спинках статора и ротора

$$B_{a1} = \frac{\Phi}{2 s_{a1}} \ гс$$

$$B_{a2} = \frac{\Phi}{2 s_{a2}} \ гс.$$

31. Коэффициент воздушного зазора

$$k_c = k_{c1} \cdot k_{c2} = \left(\frac{t_1 + 10 \cdot \delta}{b_{z1} + 10 \cdot \delta}\right) \cdot \left(\frac{t_2 + 10 \cdot \delta}{b_{z2} + 10 \cdot \delta}\right),$$

где b_{z1} и b_{z2} — ширина коронок зубцов статора и ротора;

$$b_{z1} = t_1 - b_{прор\,1} \text{ и } b_{z2} = t_2 - b_{прор\,2}.$$

32. Суммарные ампервитки двигателя или ампервитки холостого хода на полюс

$$\Sigma AW = AW_0 = AW_l + AW_{стат} + AW_{рот},$$

где ампервитки в воздушном зазоре:

а) $AW_l = 0,8 \cdot k_c \cdot \delta \cdot B_l$;

б) ампервитки статора

$$AW_{стат} = AW_{z1} + AW_{a1},$$

а

$$AW_{z1} = h_{п1} \cdot \left(\frac{aw_{z\,макс} + aw_{z\,мин} + 4aw_{zср}}{6}\right);$$

по табл. 10 находим $aw_z = f(B_z)$:

$$AW_{a1} = aw_{a1} \cdot L_{a1} \cdot \gamma_{a1},$$

где γ_{a1} — коэффициент, характеризующий неравномерное распределение силовых линий вдоль спинки;

$\gamma_{a1} = 0,3 \div 0,637$ в зависимости от индукции в спинке (чем выше индукция, тем меньше γ_{a1});

$\gamma_{a1} = f(B_a)$ (фиг. 71);

L_{a1} — средняя длина силовых линий в спинке статора, *см*;

$$L_{a1} = \frac{\pi \cdot (D_н - h_{a1})}{4p}.$$

Ампервитки в роторе составляют примерно 90% ампервитков статора $AW_{рот} \approx 0,9 AW_{стат}$

(точнее расчет по аналогии подсчета статорных ампервитков).

33. Намагничивающий ток фазы

$$I_\mu = \frac{2{,}22 \cdot AW_0 \cdot p}{m_1 \cdot W_1 \cdot f_{w1}},$$

для многофазного двигателя,

$$I_\mu = \frac{0{,}74 \cdot AW_0 \cdot p}{W_1 \cdot f_{w1}} \text{ — для } m_1 = 3;$$

$$I_\mu = \frac{1{,}11 \cdot AW_0 \cdot p}{W_1 \cdot f_{w1}} \text{ — для } m_1 = 1.$$

34. Ток холостого хода фазы

$$I_0 \approx (1{,}01 \div 1{,}05) \cdot I_\mu \text{ для } m_1 = 3,$$

где больший коэффициент относится к двигателям небольшой мощности и малых чисел оборотов $I_0 \approx 2 \cdot I_\mu$ для $m_1 = 1$.

35. Процентное отношение тока холостого хода

$$i\% = \frac{I_0}{I_н} \cdot 100\%; \quad i\% \approx 20 \div 95^\circ \text{ (см. табл. 26).}$$

Таблица 26

Таблица токов холостого хода в % в зависимости от мощности и числа оборотов двигателя

$$\left[i\% = \frac{I_0}{I_н} \cdot 100 = f\,(P, n) \right]$$

P, квт	3 000 об/мин	1 500 об/мин	1 000 об/мин	750 об/мин	600 об/мин	500 об/мин
От 0,1 до 0,5	60	75	85	90	95	—
От 0,51 до 1	50	70	75	80	85	90
От 1,1 до 5	45	65	70	75	80	85
От 5,1 до 10	40	60	65	70	75	80
От 10,1 до 25	30	55	60	65	70	75
От 25,1 до 50	20	50	55	60	65	70
От 50,1 до 100	—	40	45	50	55	60

36. Подведенная (кажущаяся) мощность двигателя

$$P_к = \sqrt{3} \cdot U_л \cdot I_л \cdot 10^{-3} \text{ ква или } P_к = 3 \cdot U_ф \cdot I_ф \times$$
$$\times 10^{-3} \text{ ква — для трехфазных,}$$

$$P_к = U \cdot I \cdot 10^{-3} \text{ ква — для однофазных.}$$

37. Номинальная мощность двигателя или полезная (активная)

$$P = P_к \cdot \cos\varphi \cdot \eta \text{ квт,}$$

где $\cos\varphi$ и η подбираются по каталогу или табл. 25 (ориентировочно, по $P_к$, а затем уточняются по P).

38. Проверка мощности двигателя

$$P = \frac{d_i \cdot AS \cdot B_l \cdot D_i^2 \cdot l_i \cdot n_1 \cdot \eta \cdot \cos\varphi}{6 \cdot 10''} \text{ квт.}$$

39. Число оборотов двигателя при нагрузке, получающееся из условия

$$n_2 = n_1 \left(1 - \frac{s\%}{100}\right) \text{ об/мин,}$$

где $s\%$ — коэффициент скольжения, находится обычно для нормальных двигателей в пределах $s\% = 1{,}5 \div 6\%$, где меньшее значение соответствует большим двигателям, а большее—малым двигателям;

n_2 — число оборотов ротора;

n_1 — число оборотов в минуту магнитного вращающегося поля (синхронное число оборотов).

Коэффициент скольжения можно определить по формуле

$$s\% = \frac{p_{м2}}{P + p_{м2} + p_\rho} \cdot 100,$$

где $p_{м2}$ — потери в меди ротора;

p_ρ — потери механические;

P — номинальная мощность двигателя.

40. Проверка диаметра конца вала по мощности и числу оборотов двигателя

$$d_в \approx (19{,}5 \div 25) \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n_1}}.$$

41. Вес обмотки статора и ротора

$$G_{м1} = 9{,}35 \cdot z_1 \cdot N_{п.\,эл.\,1} \cdot l_{1\,обм.\,ср} \cdot s_{м\,1эл} \cdot 10^{-5} \text{ кг;}$$

$$G_{м2} = 9{,}35 \cdot z_2 \cdot N_{п.\,эл.\,2} \cdot l_{2\,обм.\,ср} \cdot s_{м\,2\,эл} \cdot 10^{-5} \text{ кг,}$$

где

$$l_{1,2\,обм.\,ср} = l_{s\,1,2\,ср} + l_{1,2} \text{ см,}$$

а

$$l_{s1ср} = k_p \cdot \beta_1 \cdot \frac{\pi \cdot (D_i + h_{n1})}{2p}$$

и

$$l_{s2ср} = k_p \cdot \beta_2 \cdot \frac{\pi \cdot (D_2 - h_{n2})}{2p}.$$

(Значение k_p см. § 26).

53. ВЫБОР СООТНОШЕНИЯ ЧИСЕЛ ПАЗОВ НА ПОЛЮС—ФАЗУ СТАТОРА И РОТОРА

Число пазов на полюс и фазу q является весьма характерной величиной машины, так как указывает не только на электрические, но и механические качества. Чем меньше q, тем выше обмоточный коэффициент f_w, но конструктивно увеличивает размеры машины. Так как поверхность охлаждения у большего числа катушек выше, чем в одной катушке, то нагрев у последней будет гораздо выше. Зато при $q > 1$ проигрываем в э. д. с., одно-

временно выигрывая в размерах машины, в коэффициенте самоиндукции и в результате в $\cos\varphi$ и в охлаждении. Но весьма большое число пазов на полюс и фазу подбирать не рекомендуется, потому что увеличивается расход на изоляцию и ухудшается использование машины. Соотношения чисел пазов на полюс—фазу статора и ротора также влияют на свойства машины. При расчете необходимо придерживаться следующих соотношений чисел пазов на полюс—фазу статора и ротора:

а) Для фазного ротора

$$\frac{q_2}{q_1}=0,7\div0,9 \text{ или } \frac{q_2}{q_1}=1,15\div1,3; \text{ при } \tau=15\div25 \text{ см } q_2>q_1;$$

при $\tau=25\div35$ *см* $q_2>q_1$ и $q_2<q_1$ практически равноценны;

$$\text{при } \tau>35 \quad q_2<q_1.$$

Эти пределы дают оптимальные значения потерь в активной стали, меди и реактивности, а следовательно, $\cos\varphi$, поэтому решающим является величина полюсного деления τ. Как показывает опыт, для уменьшения реактивности и стоимости машины необходимо делать $q_2>q_1$, а для снижения потерь в активной стали—$q_2<q_1$.

б) Для короткозамкнутого ротора:

$$\frac{q_2}{q_1}=1\div1,2 \text{ при } \tau<25 \text{ см}; \ \frac{q_2}{q_1}=0,85\div1,1 \text{ при } \tau>25 \text{ см}.$$

Если число пазов выбрать меньше указанных пределов, то увеличивается реактивность рассеяния, при большем числе растут потери в активной стали и потери, вызванные вихревыми токами в беличьей клетке.

Чтобы избежать шума машины, провалы кривой вращающего момента, вызванные высшими гармониками, а, следовательно, осуществить машину пригодной к эксплоатации, целесообразно выдержать следующие условия:

$$z_1-z_2\neq\pm(2p\pm1) \text{ или } z_1-z_2\neq p,\ 2p,\ 4p \text{ и т. д.}$$

Рекомендуется при расчетах асинхронного двигателя избегать равенства $q_1=q_2$ (равенства $z_1=z_2$), во избежание явления так называемого „прилипания".

По первому уравнению: $z_2\ll 1,25\cdot(z_1+p)$, при котором асинхронные моменты, ничтожно малы.

По второму уравнению: $z_2\leqslant1,25\cdot(z_1+y\cdot p)$, где $y=1$ для обычных двигателей и $y=0$ для реверсивных.

54. ПРИМЕРЫ ПРИБЛИЖЕННОГО РАСЧЕТА АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

А. Поверочный расчет трехфазного асинхронного двигателя с контактными кольцами

1. Данные для поверочного расчета двигателя без паспорта и обмоток:

а) номинальное линейное напряжение статора $U_л=380$ *в*;

б) номинальное число оборотов (синхронное) $n_1=1\,000$ об/мин;

в) частота тока сети $f=50$ *гц*;

г) число фаз статора $m_1=3$;

д) наружный диаметр статора/ротора $\frac{D_{н1}}{D_{2н}}=\frac{395}{238,9}$ *мм*;

е) внутренний диаметр статора/ротора $\frac{D_i}{D_{вн}}=\frac{240}{141}$ *мм*;

ж) длина активной стали статора $l_1=l+n_s\cdot b_s=245+2\cdot10$ *мм*;

з) размеры паза статора/ротора $\frac{b_{п1ср}\cdot h_{п1}}{b_{п2ср}\cdot h_{п2}}=\frac{9,15\cdot23,8}{6,0\cdot21}$ *мм*^{2};

и) размеры зубца статора/ротора

$$\frac{b_{z\,1\,мин}}{b_{z\,2\,мин}}\cdot\frac{b_{z\,1\,макс}}{b_{z\,2\,макс}}=\frac{6,15\cdot6,15}{4\cdot4,4} \text{ мм};$$

к) ширина прорези статора/ротора

$$\frac{b_{прор\,1}}{b_{прор\,2}}=\frac{3}{2} \text{ мм};$$

л) высота спинки статора/ротора

$$\frac{h_{a1}}{h_{a2}}=\frac{23,7}{25} \text{ мм};$$

м) толщина динамной стали

$$\frac{\Delta_{ст1}}{\Delta_{ст2}}=0,5/0,5 \text{ мм};$$

н) число пазов $\frac{\text{статора } z_1}{\text{ротора } z_2}=54/72$;

о) воздушный зазор между статором и ротором $\delta=0,55$ *мм*;

п) диаметр конца вала $d_в=45$ *мм*.

2. Соединение фаз статора $\triangle/\curlywedge$.

$$U_л=380 \text{ в } \curlywedge \text{ и } U_л=220 \text{ в } \triangle.$$

3. Число пар полюсов

$$p=\frac{60\cdot f}{n_1}=\frac{60\cdot 50}{1\,000}=3,\ (2p=6).$$

4. Число пазов статора на полюс и фазу

$$q_1=\frac{z_1}{2p\cdot m_1}=\frac{54}{6\cdot 3}=3.$$

5. Число пазов ротора на полюс и фазу

$$q_2=\frac{z_2}{2p\cdot m_2}=\frac{72}{6\cdot 3}=4$$

(обычно $m_1=m_2$).

6. Зубцовое деление статора и ротора по коронкам зубцов

$$t_1=\frac{\pi\cdot D_i}{z_1}=\frac{3{,}14\cdot 24}{54}=1{,}4\ см;$$

$$t_2=\frac{\pi\cdot D_{2н}}{z_2}=\frac{3{,}14\cdot 23{,}89}{72}=1{,}04\ см.$$

7. Полюсное деление

$$\tau=\frac{\pi\cdot D_i}{2p}=\frac{3{,}14\cdot 24{,}0}{6}=12{,}6\ см$$

и окружная скорость $v=\tau=12{,}6$ *м/сек* при $f=50$ *гц*.

8. Сечение расточки статора в воздушном зазоре

$$s_l=\alpha_i\cdot\tau l_i=0{,}69\cdot 12{,}6\cdot 25{,}5=220\ см^2.$$

Задаемся

$$\alpha_i=0{,}69;\ l_i=\frac{l_1+l}{2}=\frac{26{,}5+24{,}5}{2}=25{,}5\ см.$$

9. Удвоенное сечение спинок статора и ротора

$$2s_{a1}=2k_{cm1}\cdot l\cdot h_{a1}=2\cdot 0{,}95\cdot 24{,}5\cdot 2{,}37=110\ см^2;$$

$$2s_{a2}=2\cdot k_{cm2}\cdot l\cdot h_{a2}=2\cdot 0{,}95\cdot 24{,}5\cdot 2{,}5=115\ см^2;$$

$$h_{a1}=\frac{D_{н1}-D_i}{2}-h_{n1}=\frac{33{,}5-24{,}0}{2}-2{,}38==2{,}37\ см.$$

10. Шаги обмотки по пазам статора

$y_{n1}=\frac{z_1}{2p}=\frac{54}{6}=9$ (1—8) (двухслойная секционная обмотка),

$$y'_{n1}\approx 0{,}8\cdot y_{n1}=0{,}8\cdot 9=7{,}2=7\ (1—8);$$

$$\beta_1=\frac{y'_{n1}}{y_{n1}}=\frac{7}{9}=0{,}78.$$

11. Число катушечных групп статора и ротора

$n_{к1}=2p\cdot m_1=6\cdot 3=18$ (двухслойная секционная обмотка),

$n_{к2}=p\cdot m_2=3\cdot 3=9$ (простая катушечная).

12. Обмоточный коэффициент обмотки статора и ротора

$$f_{w1}=f_{d1}\cdot f_{к1}=\frac{\sin\frac{\pi}{2m_1}}{q_1\cdot\sin\frac{\pi}{2m_1\cdot q_1}}\cdot\sin(90°\cdot\beta_1)=$$

$$=\frac{\sin\frac{180°}{2\cdot 3}}{3\cdot\sin\frac{180°}{2\cdot 3\cdot 3}}\cdot\sin(90°\cdot 0{,}78)=\frac{\sin 30°}{3\cdot\sin 10°}\times$$

$$\times\sin(90\cdot 0{,}78)=0{,}96\cdot 0{,}94=0{,}902;$$

$$f_{w1}=0{,}902;$$

для ротора

$$f_{w2}=f_{a2}\cdot f_{к2}=\frac{\sin\frac{180°}{2\cdot 3}}{4\cdot\sin\frac{180°}{2\cdot 3\cdot 4}}\cdot 1=0{,}958.$$

Значения обмоточных коэффициентов см табл. 12а.

13. Электромагнитные нагрузки. Задаемся по табл. 7, 22 и 23

$\Delta_1=5$ *а/мм²* (плотность тока в обмотке статора);

$\Delta_2=6{,}7$ *а/мм²* (плотность тока в обмотке ротора);

$B_l=6\,400$ *гс* (максимальная магнитная индукция в воздушном зазоре).

14. Магнитный поток двигателя при холостом ходе

$$\Phi_0=B_l\cdot s_l=6\,400\cdot 220=1{,}4\cdot 10^6\ мкс.$$

15. Число эффективных витков на фазу статора

$$W_1=\frac{U_{ф1}\cdot 10^8}{4{,}44\cdot f_{w1}\cdot f\cdot\Phi_0}=\frac{220\cdot 10^8}{4{,}44\cdot 0{,}902\cdot 50\cdot 1{,}4\cdot 10^6}=78{,}5.$$

16. Число эффективных проводов в пазу статора

$$N_{n\,1\,эфф}=\frac{2m_1\cdot W_1}{z_1}=\frac{2\cdot 3\cdot 78{,}5}{54}=8{,}7.$$

Берем соединение катушечных групп в 3 параллельные ветви ($a=3$).

17. Число элементарных проводов в пазу статора

$$N_{n\,1\,эл}=N_{n\,1\,эфф}\,a\cdot a_1=8{,}7\cdot 3\cdot 1\approx 26.$$

18. Число эффективных витков в фазе ротора

$$W_2 = W_1 \cdot \frac{f_{w2} \cdot U_{ф2}}{f_{w1} \cdot U_{ф1}} = 78{,}5 \cdot \frac{0{,}958}{0{,}902} \cdot \frac{168}{220} = 63{,}5$$

(берем $U_{л2} = 290$ *в* ⅄, тогда $U_{ф2} = 168$ *в*).

19. Число эффективных проводов в пазу ротора

$$N_{п\,2\,эфф} = \frac{2 \cdot m_2 \cdot W_2}{z_2} = \frac{2 \cdot 3 \cdot 63{,}5}{72} = 5{,}3;$$

берем $N_{п\,2\,эфф} = 5$ ($W_{2действ} = \frac{5}{5 \cdot 3} \cdot 63{,}5 = 60$ витков);

$$N_{п\,2\,эл} = N_{п\,2\,эфф} \cdot a_2 a' = 5 \cdot 1 \cdot 1 = 5; \quad N_{п2\,эл} = 5;$$

$$U_{л2\,действ} = \frac{5}{5{,}3} \cdot 290 = 274 \text{ в}.$$

20. Элементарное сечение обмотки статора. Задаемся диаметром 1,95 ПБД,

$$s_{м\,1\,эл} = 0{,}785 \cdot d^2 = 0{,}785 \cdot 1{,}95^2 \approx 3 \text{ мм}^2.$$

21. Коэффициент заполнения паза статора

$$k_{п1} = \frac{s_{м\,1\,из} \cdot N_{п1эл}}{b_{п1\,ср} \cdot h_{п1}} = \frac{3{,}8 \cdot 26}{9{,}15 \cdot 23{,}8} = 0{,}45,$$

где

$$s_{м1из} = 0{,}785 \cdot (1{,}95 + 0{,}25)^2 = 3{,}8 \text{ мм}^2.$$

22. Фазовый ток статора

$$I_{ф1} = a_1 \cdot a \cdot s_{м1эл} = 3 \cdot 1 \cdot 3 \cdot 5 = 45,$$

а

$$I_{л1} = I_{ф1} \text{ при } ⅄.$$

23. Линейная нагрузка статора

$$AS = \frac{I_{ф1} \cdot N_{п\,1эфф}}{t_1} = \frac{45 \cdot 8{,}7}{1{,}4} = 280 \text{ а/см}.$$

Сверяемся по табл. 22 и 23.

24. Фактор пропорционального перегрева обмотки статора $AS \cdot \Delta_1$,

$$\Delta t°C \equiv AS \cdot \Delta_1 = 280 \cdot 5 = 1\,400;$$

$$AS \cdot \Delta_1 \leqslant 1\,000 \div 2\,200 \text{ (см. § 44).}$$

25. Фазовый ток ротора

$$I_{ф2} = (0{,}85 \div 0{,}9) \cdot I_{ф1} \cdot \frac{m_1 \cdot W_1 \cdot f_{w1}}{m_2 \cdot W_2 \cdot f_{w2}} = 0{,}9 \cdot 45 \cdot \frac{3 \cdot 78{,}5 \cdot 0{,}902}{3 \cdot 60 \cdot 0{,}958} = 50{,}0 \text{ а}.$$

26. Элементарное сечение обмотки ротора

$$s_{м\,2\,эл} = \frac{I_{ф2}}{a_2 \cdot a' \cdot \Delta_2} = \frac{50{,}0}{1 \cdot 1 \cdot 6{,}7} = 7{,}5 \text{ мм}^2$$

(диаметр 3,05 ПБД). Задаемся $\Delta_2 = 6{,}7$ *а/мм²*.

27. Коэффициент заполнения паза ротора

$$k_{п2} = \frac{s_{м\,2\,из} \cdot N_{п2\,эл}}{b_{п\,2\,ср} \cdot h_{п2}} = \frac{0{,}785 \cdot 3{,}35^2 \cdot 5}{6 \cdot 21} = 0{,}35 \leqslant 0{,}38 \div 0{,}45 \quad (d_{из} = 3{,}05 + 0{,}3 = 3{,}35 \text{ мм}).$$

28. Максимальные индукции в зубцах статора и ротора

$$B_{z1\,макс} = \frac{t_1 \cdot B_l \cdot l_i}{k_{ст1} \cdot b_{z1\,мин} \cdot l} = \frac{1{,}4 \cdot 6 \cdot 400 \cdot 23{,}5}{0{,}95 \cdot 0{,}615 \cdot 24{,}5} = 16\,000 \text{ гс},$$

$$B_{z2\,макс} = \frac{t_2 \cdot B_l \cdot l_i}{k_{ст2} \cdot b_{z\,2\,мин} \cdot l} = \frac{1{,}04 \cdot 6\,400 \cdot 23{,}5}{0{,}95 \cdot 0{,}4 \cdot 24{,}5} = 18\,300 \text{ гс},$$

где

$$t_2 = \frac{\pi \cdot D_{2н}}{z_2} = \frac{3{,}14 \cdot 23{,}89}{72} = 1{,}04 \text{ см},$$

$$D_2 = D_i - 2\delta = 24 - 2 \cdot 0{,}055 = 23{,}89 \text{ см}.$$

29. Минимальная и средняя индукции в зубце статора.

Так как $b_{z1\,мин} = b_{z1\,макс} = b_{z\,1\,ср}$, то

$$B_{z1\,макс} = B_{z1\,мин} = B_{z\,1\,ср} = 16\,000 \text{ гс}.$$

30. Индукции в спинках статора и ротора.

$$B_{a1} = \frac{\Phi_0}{2 \cdot s_{a1}} = \frac{1{,}4 \cdot 10^6}{110} = 12\,700 \text{ гс};$$

$$B_{a2} = \frac{\Phi_0}{2 \cdot s_{a2}} = \frac{1{,}4 \cdot 10^6}{115} = 12\,200 \text{ гс}.$$

31. Коэффициент воздушного зазора

$$k_c = k_{c1} \cdot k_{c2} = \left(\frac{t_1 + 10 \cdot \delta}{b_{z1} + 10 \cdot \delta}\right) \cdot \left(\frac{t_2 + 10 \cdot \delta}{b_{z2} + 10 \cdot \delta}\right) = \left(\frac{1{,}4 + 10 \cdot 0{,}055}{1{,}1 + 10 \cdot 0{,}055}\right) \cdot \left(\frac{1{,}04 + 10 \cdot 0{,}055}{0{,}84 + 10 \cdot 0{,}055}\right) = \frac{1{,}95}{1{,}65} \cdot \frac{1{,}59}{1{,}39} = 1{,}36,$$

где $b_{z1} = t_1 - b_{прор\,1} = 1{,}4 - 0{,}3 = 1{,}1$ *см*;

$$b_{z2} = t_2 - b_{прор\,2} = 1{,}04 - 0{,}2 = 0{,}84 \text{ см}.$$

32. Суммарные ампервитки двигателя или ампервитки холостого хода

$$AW_0 = \Sigma AW = AW_l + AW_{стат} + AW_{рот} = 383 + 157 + 141 = 681,$$

где

$$AW_l = 0{,}8 \cdot k_c \cdot \delta \cdot B_l = 0{,}8 \cdot 1{,}36 \cdot 0{,}055 \cdot 6\,400 = 383;$$

где

$$AW_{стат} = AW_{z1} + AW_{a1} = 112 + 45 = 157,$$

где

$$AW_{z1} = h_{n1} \cdot \left(\frac{aw_{z макс} + aw_{z мин} + 4 \cdot aw_{z ср}}{6} \right),$$

но так как $aw_{z макс} = aw_{z мин} = aw_{z ср}$, то

$$AW_{z1} = aw_{z1} \cdot h_{n1} = 2{,}38 \cdot 47 = 112;$$

$$AW_{a1} = aw_{a1} \cdot L_{a1} \cdot \gamma_{a1} = 11{,}6 \cdot 0{,}47 \cdot 8{,}2 = 45,$$

где

$$L_{a1} = \frac{\pi \cdot (D_н - h_{a1})}{4 \cdot p} = \frac{3{,}14(33{,}5 - 2{,}37)}{4 \cdot 3} = 8{,}2 \text{ см};$$

$$AW_{рот} \approx 0{,}9 \cdot AW_{стат} = 0{,}9 \cdot 157 = 141.$$

33. Намагничивающий ток фазы

$$I_\mu = \frac{2{,}22 \cdot AW_0 \cdot p}{m_1 \cdot W_1 \cdot f_{w1}} = \frac{2{,}22 \cdot 681 \cdot 3}{3 \cdot 78.5 \cdot 0{,}902} = 21 \ a.$$

34. Ток холостого хода фазы

$$I_0 = (1{,}01 \div 1{,}05) \cdot I_\mu = 1{,}03 \cdot 21 = 21{,}7 \ a.$$

35. Процентное отношение тока холостого хода

$$i\% = \frac{I_0}{I_н} \cdot 100 = \frac{21{,}7}{45} \cdot 100 = 48{,}5\%.$$

36. Подведенная (кажущаяся) мощность двигателя

$$P_к = \sqrt{3} \cdot U_л \cdot I_л \cdot 10^{-3} = 1{,}73 \cdot 380 \cdot 45 \cdot 10^{-3} = 29{,}6 \text{ ква}.$$

37. Номинальная мощность двигателя или полезная (активная)

$$P = P_k \cdot \cos\varphi \cdot \eta = 29{,}6 \cdot 0{,}85 \cdot 0{,}88 = 22{,}5 \text{ квт},$$

где $\eta = 0{,}88$ и $\cos\varphi = 0{,}85$ берем по табл. 25.

38. Проверка мощности двигателя

$$P = \frac{d_i \cdot AS \cdot B_l \cdot D_l^2 \cdot l_i \cdot n_1 \cdot \cos\varphi \cdot \eta}{6 \cdot 10''} =$$

$$= \frac{0{,}69 \cdot 280 \cdot 6\,400 \cdot 24^2 \cdot 25{,}5 \cdot 1\,000 \cdot 0{,}88 \cdot 0{,}85}{6 \cdot 10''} = 22{,}5 \text{ квт}.$$

39. Число оборотов двигателя при нагрузке

$$n_2 = n_1 \left(1 - \frac{s\%}{100}\right) = 1\,000 \left(1 - \frac{3\%}{100}\right) = 970 \text{ об/мин}.$$

Задаемся $s\% = 3\%$.

40. Проверка диаметра конца вала по мощности и числу оборотов двигателя

$$d_в \approx (19{,}5 \div 25) \cdot \sqrt[3]{\frac{P}{n_1}} = 22 \cdot \sqrt[3]{\frac{22{,}5}{1\,000}} = 22 \cdot \frac{1{,}68}{10} = 3{,}7 \text{ см}$$

по замерам $d_в = 45$ *мм*, что вполне удовлетворительно.

41. Вес обмотки статора и ротора

$$G_{м1} = 9{,}35 \cdot z_1 \cdot N_{п. эл1} \cdot l_{об\,м1\,ср} \cdot s_{м1\,эл} \cdot 10^{-5} = 9{,}35 \cdot 54 \cdot 26 \cdot 45{,}5 \cdot 3 \cdot 10^{-5} = 18 \text{ кг},$$

где

$$l_{обм1\,ср} = l_1 + k_p \beta_1 \cdot \frac{\pi \cdot (D_i + h_{n1})}{2 \cdot p} = 26{,}5 + 1{,}75 \cdot 0{,}78 \cdot \frac{3{,}14(24 + 2{,}38)}{6} = 26{,}5 + 19 = 45{,}5 \text{ см}$$

и ротора $G_{м2} = 9{,}35 \cdot z_2 \cdot N_{п. эл2} \cdot l_{обм2\,ср} \cdot s_{м2\,эл} \times 10^{-5} = 9{,}35 \cdot 72 \cdot 5 \cdot 46{,}5 \cdot 7{,}3 \cdot 10^{-5} = 11{,}3$ *кг*,

где

$$l_{обм.2ср} = l_2 + k_p \cdot \beta_2 \cdot \frac{\pi \cdot (D_{2н} - h_{n2})}{2 \cdot p} = 26{,}5 + 1{,}75 \cdot 1 \cdot \frac{3{,}14(23{,}9 - 2{,}1)}{6} = 26{,}5 + 20 = 46{,}5 \text{ см}.$$

Б. Поверочный расчет однофазного асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

1. Данные для расчета однофазного двигателя с трехфазного завода „Электросила“, тип И—10/4, 0,25 *квт*, 127/220 *в*, 1 410 об/мин:

а) Номинальное линейное напряжение $U_л = 127$ *в*.

б) Номинальное число оборотов (синхронное) $n_1 = 1\,500$ об/мин.

в) Частота тока сети $f = 50$ *гц*.

г) Число фаз статора $m_1 = 1$.

д) Наружный диаметр статора/ротора

$$\frac{D_{н1}}{D_{2н}} = \frac{126}{76{,}5} \text{ мм}.$$

е) Внутренний диаметр статора/ротора

$$\frac{D_i}{D_{вн}} = \frac{77}{43{,}5} \text{ мм}.$$

ж) Длина активной стали/статора

$$l_1 = 50 \text{ мм}.$$

з) Размеры паза статора/ротора

$$\frac{b_{n1\,ср} \cdot h_{n1}}{b_{n2\,ср} \cdot h_{n2}} = \frac{9 \cdot 16{,}3}{3{,}6 \cdot 8} \text{ мм}^2.$$

и) Размеры зубца статора/ротора

$$\frac{b_{z1мин}}{b_{z2\,мин}} \cdot \frac{b_{z1\,макс}}{b_{z2\,макс}} = \frac{3{,}3 \cdot 3{,}3}{3{,}4 \cdot 3{,}4} \text{ мм}^2.$$

к) Ширина прорези статора/ротора

$$\frac{b_{прор\,1}}{b_{прор\,2}}=\frac{2,6}{1,5}\,мм.$$

л) Высота спинки статора/ротора

$$\frac{h_{a1}}{h_{a2}}=\frac{7,2}{8,0}\,мм.$$

м) Толщина динамной стали

$$\frac{\Delta_{cm1}}{\Delta_{cm2}}=\frac{0,5}{0,5}\,мм.$$

н) Число пазов статора/ротора

$$\frac{z_1}{z_2}=\frac{24}{31}.$$

о) Воздушный зазор между статором и ротором $\delta=0,25$ *мм.*

п) Размеры площади поперечного сечения стержня и кольца $s_{м2эл}=3,21\cdot 6,42$ *мм²* и $s_к=$ $=7\cdot 7$ *мм²*.

2. Число пар полюсов

$$p=\frac{60\cdot f}{n_1}=\frac{60\cdot 50}{1\,500}=2,$$

т. е. $2p=4$.

3. Зубцовое деление статора и ротора по коронкам зубцов

$$t_1=\frac{\pi\cdot D_i}{z_1}=\frac{3,14\cdot 7,7}{24}=1\ см;$$

$$t_2=\frac{\pi\cdot D_{2н}}{z_2}=\frac{3,14\cdot 7,65}{31}=0,77\ см.$$

4. Полюсное деление

$$\tau=\frac{\pi\cdot D_i}{2p}=\frac{3,14\cdot 7,7}{4}=6\ см$$

и

$$v=\tau=6\ м/сек.$$

5. Сечение расточки статора в воздушном зазоре

$$s_l=a_i\cdot\tau\cdot l_i=0,645\cdot 6\cdot 5,0=19,4\ см^2.$$

Берем $a_i=0,645$.

6. Удвоенное сечение спинок статора и ротора

$$2s_{a1}=2\cdot k_{cm1}\cdot l\cdot h_{a1}=2\cdot 0,95\cdot 5\cdot 0,72=6,85\ см^2;$$

$$2s_{a2}=2\cdot k_{cm2}\cdot l\cdot h_{a2}=2\cdot 0,95\cdot 5\cdot 0,8=7,6\ см^2.$$

7. Число пазов рабочей и пусковой обмоток

$$z_p=\frac{2}{3}\cdot z=\frac{2}{3}\cdot 24=16;$$

$$z_n=\frac{1}{3}\cdot z=\frac{1}{3}\cdot 24=8;$$

$$z=z_p+z_n=16+8=24.$$

8. Число пазов на полюс и фазу статора рабочей и пусковой обмоток

$q_p=\frac{z_p}{2p\cdot m_1}=\frac{16}{4\cdot 1}=4$ ($q_p=2$—для полукатушечной обмотки)

$q_n=\frac{z_n}{2p\cdot m_1}=\frac{8}{4\cdot 1}=2$ ($q_n=1$—для полукатушечной обмотки).

9. Число пазов на полюс и фазу короткозамкнутого ротора

$$q_2=\frac{z_2}{2p\cdot m_2}=\frac{z_2}{2p\cdot\frac{z_2}{p}}=\frac{1}{2},$$

где

$$m_2=\frac{z_2}{p}.$$

10. Число катушечных групп статора рабочей и пусковой обмоток

$$n_{к.\,p}=n_{к.\,n}=2p\cdot m_1=4\cdot 1=4.$$

11. Обмоточный коэффициент обмоток статора и короткозамкнутого ротора

$$f_{w1}=f_{a1}\cdot f_{к1}=\frac{0,865}{q_1\cdot\sin\frac{60°}{q_1}}\sin(90°\cdot\beta_1)=$$

$$=\frac{0,865}{4\sin\frac{60}{4}}\cdot\sin(90°\cdot 1)=\frac{0,865}{4\cdot\sin\frac{60°}{4}}\cdot\sin 90°=$$

$$=\frac{0,865}{4\cdot 0,259}\cdot 1=0,83;\ f_{w1}=0,83;$$

$$f_{w2}=\frac{\sin\cdot\frac{\pi}{2m_2}}{q_2\cdot\sin\frac{\pi}{2m_2\cdot q_2}}=\frac{\sin\frac{180°}{2\cdot z_2/p}}{\frac{1}{2}\cdot\sin\frac{180°}{2\cdot\frac{z_2}{p}\cdot\frac{1}{2}}}=$$

$$=\frac{\sin\frac{180°\cdot p}{2\cdot z_2}}{\frac{1}{2}\cdot\sin\frac{180°\cdot p}{z_2}}=1.$$

12. Электромагнитные нагрузки. Выбираем по табл. 7 и 23

$$\Delta_1=6,5\ а/мм^2;\ B_l=5\,000\ гс.$$

13. Магнитный поток двигателя при холостом ходе

$$\Phi_0=B_l\cdot s_l=5\,000\cdot 19,4=0,097\cdot 10^6\ мкс.$$

14. Число эффективных витков на фазу рабочей обмотки

$$W_p = \frac{U_{ф1}\cdot 10^8}{4{,}44\cdot f_{w1}\cdot f\cdot \Phi_0} = \frac{127\cdot 10^8}{4{,}44\cdot 0{,}83\cdot 50\cdot 0{,}097\cdot 10^6} \approx 720.$$

15. Число эффективных проводов в пазу статора рабочей обмотки

$$N_{п.\,р.\,эфф} = \frac{2m_1\cdot W_p}{z_p} = \frac{2\cdot 1\cdot 720}{16} = 90.$$

Число эффективных проводов в пазу статора пусковой обмотки

$$N_{п.\,п.\,эфф} = 2\cdot N_{п.\,р.\,эфф} = 180.$$

16. Мощность двигателя

$$P_I \approx 0{,}7\cdot P_{III} = 0{,}7\cdot 0{,}25 = 0{,}175\ квт.$$

Берем $P_I = 0{,}15$ *квт.*

17. Фазовый ток двигателя

$$I_ф \doteq \frac{P_I}{U_ф\cdot\eta\cdot\cos\varphi} = \frac{0{,}15\cdot 10^3}{127\cdot 0{,}6\cdot 0{,}65} = 3\ a.$$

Задаемся $\eta = 60\%$; $\cos\varphi = 0{,}65$.

18. Элементарное сечение рабочей и пусковой обмоток

$$s_{м.\,р.\,эл} = \frac{I_{ф1}}{\Delta_1} = \frac{3}{6{,}5} = 0{,}465\ мм^2$$

(диаметр 0,77 ПЭБО),

$$s_{м.\,п.\,эл} = 0{,}5\cdot s_{м.\,р.\,эл} = 0{,}5\cdot 0{,}465 = 0{,}232\ мм^2$$

(диаметр 0,51 ПЭБО).

19. Коэффициент заполнения паза статора

$$k_{пр} = \frac{s_{м1\,из}\cdot N_{п.\,эл1}}{b_{п1\,ср}\cdot h_{п1}} = \frac{0{,}68\cdot 90}{9\cdot 16{,}3} = 0{,}415 \leqslant 0{,}38 \div 0{,}45,$$

где

$$d_{из} = 0{,}77 + 0{,}16 = 0{,}93\ мм,$$

$$s_{м1\,из} = 0{,}785\cdot 0{,}93^2 = 0{,}68\ мм^2,$$

$$k_{п.\,п} = \frac{0{,}340\cdot 180}{9\cdot 16{,}3} = 0{,}42,$$

$$d_{из} = 0{,}51 + 0{,}15 = 0{,}66\ мм,$$

и $s_{м.\,п.\,из} = 0{,}785\cdot 0{,}66^2 = 9{,}34\ мм^2$.

20. Линейная нагрузка статора

$$AS = \frac{I_{ф1}\cdot N_{п1\,эфф}}{t_1} = \frac{3\cdot 90}{1} = 270\ а/см.$$

21. Фактор пропорционального перегрева обмотки статора

$$\Delta t°C = AS\cdot\Delta_1 = 270\cdot 6{,}5 = 1\,750,$$

что допустимо (см. § 44).

22. Фазовый ток ротора

$$I_{ф2} = (1{,}7 \div 1{,}8)\cdot I_{ф1}\cdot\frac{m_1\cdot W_1\cdot f_{w1}\cdot p}{z_2} = 1{,}7\cdot 3\cdot\frac{1\cdot 720\cdot 0{,}83\cdot 2}{31} = 196\ а.$$

Ток в стержне $I_s = \frac{I_{ф2}}{p} = \frac{196}{2} = 98\ а$; ток в короткозамкнутом кольце $I_к = \frac{I_s}{2\cdot\sin\frac{\pi p}{z_2}} =$

$$= \frac{98}{2\cdot\sin\frac{180°\cdot 2}{31}} = \frac{49{,}0}{\sin 11{,}6°} = 225\ а.$$

23. Плотность тока в стержне ротора и в короткозамкнутом кольце.

$$\Delta_2 = \frac{I_s}{s_{м2эл}} = \frac{98}{20{,}6} \cong 4{,}8\ а/мм^2,$$

где

$s_{м2эл} = 3{,}21\cdot 6{,}42 = 20{,}6\ мм^2$; $s_к = 7\cdot 7 = 49\ мм^2$;

$$\Delta_к = \frac{I_к}{s_к} = \frac{225}{49} \cong 4{,}6\ а/мм^2.$$

24. Коэффициент заполнения паза ротора

$$k_{п2} = \frac{s_{м2\,эл}\cdot N_{п2\,эл}}{b_{п2\,ср}\cdot h_{п2}} = \frac{20{,}6\cdot 1}{3{,}6\cdot 8} = 0{,}72$$

(для короткозамкнутого ротора).

25. Максимальная индукция в зубцах статора и ротора

$$B_{z1\,макс} = \frac{t_1\cdot B_l\cdot l_i}{k_{cm1}\cdot b_{z\,мин}\,l} = \frac{1\cdot 5\,000\cdot 5}{0{,}95\cdot 0{,}33\cdot 5} = 15\,800\ гс.$$

Так как $b_{z1\,мин} = b_{z1\,макс} = b_{z1\,ср}$,

то $B_{z1\,мин} = B_{z\,макс} = B_{z\,ср} = 15\,800\ гс$;

$$B_{z2\,макс} = \frac{t_2\cdot B_l\cdot l_i}{k_{cm2}\cdot b_{z2\,мин}\,l} = \frac{0{,}77\cdot 5\,000\cdot 5}{0{,}95\cdot 0{,}34\cdot 5} = 11\,950\ гс.$$

26. Индукция в спинках статора и ротора

$$B_{a1} = \frac{\Phi_0}{2\cdot s_{a1}} = \frac{0{,}097\cdot 10^6}{6{,}85} = 14\,200\ гс$$

и

$$B_{a2} = \frac{\Phi_0}{2s_{a2}} = \frac{0{,}097\cdot 10^6}{7{,}6} = 12\,800\ гс.$$

27. Коэффициент воздушного зазора

$$k_c = k_{c1} \cdot k_{c2} = \left(\frac{t_1 + 10 \cdot \delta}{b_{z1} + 10 \cdot \delta}\right) \cdot \left(\frac{t_2 + 10 \cdot \delta}{b_{z2} + 10 \cdot \delta}\right) =$$

$$= \left(\frac{1 + 10 \cdot 0{,}025}{0{,}74 + 10 \cdot 0{,}025}\right) \cdot \left(\frac{0{,}77 + 10 \cdot 0{,}025}{0{,}62 + 10 \cdot 0{,}025}\right) =$$

$$= \frac{1{,}25 \cdot 1{,}02}{0{,}99 \cdot 0{,}87} = 1{,}48,$$

где

$$b_{z1} = t_1 - b_{пор1} = 1 - 0{,}26 = 0{,}74 \text{ см},$$

$$b_{z2} = t_2 - b_{пор\,2} = 0{,}77 - 0{,}15 = 0{,}62 \text{ см}.$$

28. Суммарные ампервитки или ампервитки холостого хода двигателя:

$$AW_0 = \Sigma AW = AW_l + AW_{стат} + AW_{рот} =$$

$$= 148 + 82 + 74 = 304,$$

где

$$AW_l = 0{,}8 \cdot k_c \cdot \delta \cdot B_l = 0{,}8 \cdot 1{,}48 \cdot 0{,}025 \cdot 5\,000 = 148,$$

$$AW_{стат} = AW_{z1} + AW_{a1} = 67 + 15 = 82,$$

$$AW_{z1} = h_{n1} \cdot aw_{z1} = 1{,}63 \cdot 41 = 67$$

(при $b_{z\,макс} = b_{z\,мин} = b_{z\,ср}$),

$$AW_{a1} = aw_{a1} \cdot L_{a1} \cdot \gamma_{a1} = 2{,}1 \cdot 20{,}6 \cdot 0{,}35 = 15,$$

$$L_{a1} = \frac{\pi \cdot (D_н - h_{a1})}{4 \cdot p} = \frac{3{,}14 \cdot (12{,}6 - 7{,}2)}{4 \cdot 2} = 2{,}1 \text{ см},$$

$$AW_{рот} \approx 0{,}9 \cdot AW_{стат} = 0{,}9 \cdot 82 \approx 74.$$

29. Намагничивающий ток фазы

$$I_\mu = \frac{1{,}11 \cdot \Sigma AW \cdot p}{m_1 \cdot W_p \cdot f_{w1}} = \frac{1{,}11 \cdot 304 \cdot 2}{1 \cdot 720 \cdot 0{,}83} \approx 1{,}13 \text{ а}.$$

30. Ток холостого хода фазы

$$I_0 \approx 2 \cdot I_\mu = 2 \cdot 1{,}13 \approx 2{,}3 \text{ а}.$$

31. Процентное отношение тока холостого хода

$$i\% = \frac{I_0}{I_н} \cdot 100 = \frac{2{,}3 \cdot 100}{3} = 77\%.$$

32. Проверка мощности двигателя

$$P = \frac{d_i \cdot AS \cdot B_l \cdot D_i^2 \cdot l_i \cdot \eta \cdot \cos\varphi \cdot n_1}{6 \cdot 10^{11}} =$$

$$= \frac{0{,}645 \cdot 180 \cdot 5\,000 \cdot 7{,}7^2 \cdot 50 \cdot 0{,}6 \cdot 0{,}65 \cdot 1\,500}{6 \cdot 10^{11}} = 0{,}166 \text{ квт};$$

так как

$$P \approx P_I = 0{,}15 \text{ квт},$$

то расчет верен.

33. Коэффициент скольжения

$$s\%_{I} \approx 2 \cdot s\%_{III} = 2 \cdot \left(\frac{1\,500 - 1\,410}{1\,500}\right) \cdot 100 = 12\%.$$

34. Число оборотов двигателя при нагрузке

$$n_2 = n_1 \cdot \left(1 - \frac{s\%}{100}\right) = 1\,500 \cdot \left(1 - \frac{12}{100}\right) =$$

$$= 1\,320 \text{ об/мин}.$$

35. Вес обмотки статора и ротора.

Вес рабочей обмотки статора

$$G_{мр} = 9{,}35 \cdot z_p \cdot N_{п.\,эл.\,р} \cdot l_{обм1\,ср} \cdot s_{м.р\,эл} \cdot 10^{-5} =$$

$$= 9{,}35 \cdot 16 \cdot 90 \cdot 17 \cdot 0{,}465 \cdot 10^{-5} \approx 1{,}1 \text{ кг},$$

где

$$l_{обм1\,ср} = l_1 + k_p \cdot \beta_1 \cdot \frac{\pi \cdot (D_i + h_{n1})}{2p} =$$

$$= 7{,}7 + 1{,}5 \cdot 0{,}835 \times$$

$$\times \frac{3{,}14 \cdot (7{,}7 + 1{,}63)}{2 \cdot 2} = 7{,}7 + 9{,}2 \approx 17{,}0 \text{ см}.$$

Вес пусковой обмотки статора

$$G_{м.\,п.} = 9{,}35 \cdot z_n \cdot N_{п.\,п.\,эл.} \cdot l_{обм.\,1\,ср} \cdot s_{м.\,п.\,эл} \cdot 10^{-5} =$$

$$= 9{,}35 \cdot 8 \cdot 180 \cdot 17 \cdot 0{,}232 \cdot 10^{-5} \approx 0{,}55 \text{ кг}.$$

Вес стержней ротора

$$G_{м2} = 8{,}9 \cdot z_2 \cdot N_{п2\,эл} \cdot l_{обм.\,2} \cdot s_{м2} \cdot 10^{-5} =$$

$$= 8{,}9 \cdot 31 \cdot 1 \cdot 8{,}7 \cdot 20{,}6 \cdot 10^{-5} = 0{,}5 \text{ кг}.$$

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ I

ТАБЛИЦЫ ОБМОТОЧНЫХ ДАННЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

Примечания к графе „размеры паза“ таблиц обмоточных данных асинхронных двигателей

1. В таблицах 1,1—1,4 серии „Урал“ (тип Р):

числитель дроби означает меньшую ширину паза, знаменатель — большую ширину паза, в скобках первая слева цифра — высоту паза до усика, вторая —высоту усика, за скобкой цифра — ширину прорези.

2. В таблицах 1,5 — 1,10 завода „Электросила“ (тип АД):

в числителе дроби первая слева цифра означает большую ширину паза, вторая — меньшую ширину паза, третья — ширину прорези; в знаменателе дроби первая слева цифра — высоту усика, вторая — высоту паза.

3. В таблицах 1,11—1,13 завода „Электросила“ (тип $БАО_2$):

в числителе дроби первая слева цифра и вторая означают большую и меньшую ширину паза, третья — ширину прорези; в знаменателе дроби первая слева цифра — высоту паза, вторая — высоту усика.

4. В таблицах 1,14 — 1,21 завода „Электросила“ (типы $И_2$, И, ИЗО):

в числителе дроби первая слева цифра означает большую ширину паза, *r* — меньшую ширину паза; в знаменателе дроби первая слева цифра — высоту паза, вторая — числитель — высоту усика и знаменатель — ширину прорези.

5. В таблицах 1,22 — 1,23 завода „Электросила“ (типы R и PRV):

а) в числителе дроби первая слева цифра означает большую ширину паза, вторая — меньшую ширину паза; в знаменателе дроби первая слева цифра — высоту паза, вторая— высоту паза до усика, целое число — ширину прорези;

б) в таблицах 1,24 — 1,27 числитель дроби означает высоту паза до усика, знаменатель — высоту паза, целое большее число — ширину паза, а меньшее — ширину прорези.

6. В таблицах 1,29 — 1,43 завода ХЭМЗ (тип МА):

а) в числителе дроби первая слева цифра означает большую ширину паза, вторая — меньшую ширину паза, третья — высоту паза; в знаменателе дроби первая слева — ширину прорези и вторая — высоту усика;

б) в числителе дроби первая слева цифра означает высоту паза, вторая (*r*) — малую ширину паза, третья — ширину прорези; в знаменателе дроби первая слева — большую ширину паза и вторая — высоту усика.

7. В таблицах 1,44 — 1,74:

а) в скобках первая слева цифра означает меньшую ширину паза, вторая — большую ширину паза, за скобкой — высоту паза;

б) числитель дроби означает меньшую ширину паза, знаменатель — большую ширину паза, целое большее число — высоту паза и целое меньшее — ширину прорези.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМ

Тип Р, 2-габарит,

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
21-4	1,0	$\frac{1\,500}{1\,440}$	127/220 220/380 500 Y	6,9/4,0 4,0/2,3 1,75	$\frac{182}{115}$	75	36	0,3	5 600	$\frac{5,4}{7,9}(17,5+0,5)\cdot 2,2$	Двухслойная секционная	1—8	38 64 82	1 1 1	Посл. » »
22-4	1,6	$\frac{1\,500}{1\,440}$	127/220 220/380 500 Y	10,4/6,0 6,0/3,45 2,65	»	95	»	»	6 100	»	То же	1—9	26 46 60	1 1 1	» » »
21-6	0,5	$\frac{1\,000}{955}$	127/220 220/380 500 Y	4,5/2,6 2,6/1,5 1,15	»	75	»	»	5 600	»	»	1—6	54 94 122	1 1 1	» » »
22-6	0,8	$\frac{1\,000}{955}$	127/220 220/380 500 Y	6,6/3,8 3,8/2,2 1,70	»	95	»	»	6 000	»	»	1—6	40 70 92	1 1 1	» » »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМ

Тип Р. 3-й габарит,

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$Y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
31-4	2,5	$\frac{1\,500}{1\,435}$	127/220 220/380 500 Y	16,3/9,4 9,4/5,4 4,1	$\frac{210}{127}$	85	36	0,3	6 500	$7\cdot(21,7+1,3)\cdot 2,7$	Двухслойная секционная	1—9	26 44 58	1 1 1	Посл » »
32-4	3,4	$\frac{1\,500}{1\,435}$	127/220 220/380 500 Y	21/12,1 12,1/7,0 5,3	»	105	»	»	6 400	»	То же	1—9	20 36 46	1 1 1	» » »
31-6	1,3	$\frac{1\,000}{955}$	127/220 220/380 500 Y	9,7/5,6 5,6/3,2 2,5	»	85	»	»	6 400	»	»	1—6	38 66 86	1 1 1	» » »
32-6	1,8	$\frac{1\,000}{955}$	127/220 220/380 500 Y	13,2/7,6 7,6/4,4 3,4	»	105	»	»	6 600	»	»	1—6	30 52 68	1 1 1	» » »

Таблица 1,1

КНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ, СЕРИИ „УРАЛ“ ЗАВОДА им. М. И. КАЛИНИНА
4- и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{n1эфф}$	$\varnothing_{гол}/\varnothing_{из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\varnothing_{гол}/\varnothing_{из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
38	0,96/1,12	5,5	150	1,8												
64	0,72/0,90	5,7	150	1,8	—	—	26	к.-з.	—	1	1	Пар.	—	—	—	0,7
82	0,62/0,79	5,8	150	1,8												
26	1,12/1,3	6,1	160	2,2												
46	0,86/1,04	5,9	160	2,2	—	—	26	»	—	1	1	»	—	—	—	0,8
60	0,74/0,92	6,1	160	2,2												
54	0,74/0,92	6,0	140	1,5												
94	0,57/0,74	5,9	140	1,5	—	—	46	»	—	1	1	»	—	—	—	0,7
122	0,49/0,655	6,1	140	1,5												
40	0,90/1,06	6,0	155													
70	0,69/0,86	5,9	155	1,8	—	—	46	»	—	1	1	»	—	—	—	0,8
92	0,59/0,76	6,2	155	1,8												

Таблица 1,2

КНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ, СЕРИИ „УРАЛ“ ЗАВОДА им. М. И. КАЛИНИНА
4- и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\varnothing_{гол}/\varnothing_{из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\varnothing_{гол}/\varnothing_{из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
26	1,4/1,585	6,1	215	3,3												
44	1,08/1,29	5,9	215	3,3	—	—	26	к.-з.	—	1	1	Пар.	—	—	—	1,0
58	0,96/1,14	5,7	215	3,4												
20	1,62/1,805	5,8	220	3,8												
36	1,26/1,46	5,7	220	3,9	—	—	»	»	—	1	1	»	—	—	—	1,2
46	1,08/1,29	5,8	220	3,7												
38	1,2/1,41	5,0	190	2,8												
66	0,9/1,08	5,1	190	2,8	—	—	46	»	—	1	1	»	—	—	—	1,0
86	0,77/0,95	5,4	190	2,7												
30	1,3/1,51	5,7	205	3,0												
52	1,0/1,21	5,6	205	3,0	—	—	»	»	—	1	1	»	—	—	—	1,2
68	0,86/1,04	5,9	205	2,9												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМ

Тип Р. 4-й габарит,

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п\ 1\ эл}$	a_1	Соединение катушек
41-4	4,5	1 500/1 450	127/220 220/380 500 λ	28,7/16,6 16,6/9,6 7,3	245/154	95	36	0,35	7 000	7,2·(21+1,5)·3,0	Двухслойная секционная	1—9	34 30 40	1 1 1	2 Посл. »
42-4	5,8	1 500/1 450	127/220 220/380 500 λ	35,4/20,4 20,4/11,8 9,0	»	115	»	»	6 600	»	То же	1—8	30 26 32	1 1 1	2 Посл. »
41-6	2,6	1 000/965	127/220 220/380 500 λ	18,2/10,55 10,55/6,1 4,6	»	95	»	»	7 000	»	»	1—6	26 44 58	1 1 1	» » »
42-6	3,2	1 000/965	127/220 220/380 500 λ	22,5/13,0 13,0/7,5 5,7	»	115	»	»	7 200	»	»	1—6	42 36 46	1 1 1	2 Посл. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМ

Тип Р, 5-й габарит

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п\ 1}$	$N_{п\ 1\ эл}$	a_1	Соединение катушек
51-4	8,0	1 500/1 460	127/220 220/380 500 λ	48,5/28 28/16,2 12,3	300/190	95	36	0,45	7 000	8,9 (23,5+1,5)·3,5	Двухслойная секционная	1—9	28 48 32	2 2 1	Посл. » »
52-4	10,0	1 500/1 460	127/220 220/380 500 λ	61/35 35/20,2 15,3	»	110	»	»	7 000	»	То же	1—9	24 42 56	2 1 2	» 2 Посл.
53-4	12,0	1 500/1 460	127/220 220/380 500 λ	71/41 41/23,6 17,9	»	135	»	»	6 600	»	»	1—8	20 36 44	2 2 2	» » »
51-6	4,5	1 000/975	127/220 220/380 500 λ	28,6/16,5 16,5/9,5 7,2	300/205	95	54	0,4	6 300	$\frac{9}{6}$(26+2,5) 3,5	»	1—9	30 50 33	1 2 1	2 Посл. »
52-6	6,0	1 000/975	127/220 220/380 500 λ	37,5/21,6 21,6/12,5 9,5	»	110	»	»	6 400	»	»	1—9	24 42 52	2 1 2	» 2 Посл.
53-6	8,0	1 000/975	127/220 220/380 500 λ	48,5/28 28/16,2 12,3	»	135	»	»	6 500	»	»	1—9	40 34 44	2 1 2	2 2 Посл.

Таблица 1,3

КНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ, СЕРИИ „УРАЛ" ЗАВОДА им. М. И. КАЛИНИНА

4- и 6-полюсные

					Ротор												
$N_{п1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\,из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
17 30 40	1,25/1,46 1,35/1,56 1,16/1,37	6,8 6,7 7,0	215 215 215	3,9 4,0 3,9	—	—	26	к.-з.	—	1	1	Пар.	—	—	—	1,4
15 26 32	1,35/1,56 1,5/1,71 1,3/1,51	7,1 6,7 6,7	230 230 230	4,1 4,3 4,3	—	—	„	„	—	1	1	„	—	—	—	1,6
26 44 58	1,5/1,71 1,12/1,33 0,96/1,14	6,0 6,1 6,3	200 200 200	3,5 3,4 3,1	—	—	46	„	—	1	1	„	—	—	—	1,4
21 36 46	1,12/1,33 1,25/1,46 1,08/1,29	6,6 6,2 6,2	200 200 200	3,4 3,6 3,4	—	—	„	„	—	1	1	„	—	—	—	1,6

Таблица 1,4

КНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ, СЕРИИ „УРАЛ" ЗАВОДА им. М. И. КАЛИНИНА

4- и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\,из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2 а/мм²	$G_{ал2}$, кг
14 24 32	1,62/1,805 1,25/1,46 1,5/1,71	6,8 6,7 7,0	235 235 235	6,0 6,2 6,6	—	—	26	к.-з.	—	1	1	Пар.	—	—	—	2,2
12 21 28	1,74/1,96 1,35/1,56 1,16/1,37	7,4 7,1 7,3	255 255 255	6,4 6,6 6,5	—	—	„	„	—	1	1	„	—	—	—	2,3
10 18 22	1,95/2,17 1,5/1,71 1,3/1,51	6,9 6,7 6,7	255 255 255	6,8 7,0 6,9	—	—	„	„	—	1	1	„	—	—	—	2,6
15 25 30	1,56/1,775 1,2/1,41 1,5/1,71	4,3 4,2 4,1	200 200 200	7,2 7,3 7,9	—	—	44	„	—	1	1	„	—	—	—	2,5
12 21 26	1,74/1,96 1,35/1,56 1,16/1,37	4,5 4,4 4,5	220 220 220	8,0 8,6 7,9	—	—	„	„	—	1	1	„	—	—	—	2,7
10 17 22	1,35/1,56 1,5/1,71 1,3/1,51	4,9 4,6 4,6	230 230 230	9,0 9,3 9,1	—	—	„	„	—	1	1	„	—	—	—	3,0

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип АД. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_п$ 1	$N_п$ 1 эл	a_1	Соединение катушек
91-2	80	3 000 / 2 960	127/220 220/380 500 △	440/253 253/146 110	425 / 230	200	42	0,9	5 900	9,8·23	Двухслойная секционная	1—15 1—15 1—16	24 20 22	4 2 1	2 2 2
92-2	93	3 000 / 2 960	127/200 220/380 500 ⅄	502/291 291/168 128	„	240	42	0,9	6 100	9,8·23		1—15 1—15 1—16	20 16 20	4 2 2	2 2 2
101-2	115	3 000 2 970	127/220 220/380 500 ⅄	632/365 365/211 160	495 / 270	220	48	1,0	5 000	10,5·24		1—14 1—14 1—15	20 16 20	4 2 2	2 2 2
102-2	145	3 000 / 2 970	127/220 220/380 500 ⅄	— 455/264 201	„	270	48	1,0	5 400	10,5·24		— 1—15 1—15	— 12 16	— 2 2	— 2 2

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип АД. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_п$ 1	$N_п$ 1 эл	a_2	Соединение катушек
61-2	16	3 000 / 2 940	127/220 220/380 500 ⅄	97/56 56/32,3 24,5	280 / 153	140	30	0,7	5 500	Ø12,8—Ø10,4—3,5 1,0—25,0	Двухслойная секционная	1—10 1—11 1—10	40 48 44	4 3 2	Посл. „ „
62-2	20	3 000 / 2 940	127/220 220/380 500 ⅄	114/66 66/38,2 29	280 / 153	170	30	0,7	6 000	Ø12,8—Ø10,4—3,5 1,0—25,0		1—11 1—11 1—11	42 48 48	3 4 3	2 Посл. „
71-2	28	3 000 / 2 950	127/220 220/380 500 ⅄	161/93 93/54 41	328 / 178	170	36	0,8	5 100	Ø12,3—Ø9,6—3,5 1,0—28,6		1—11 1—12 1—11	48 60 39	4 3 3	2 2 Посл.
72-2	35	3 000 / 2 950	127/220 220/380 500△	200/116 116/67 51	328 / 176	200	36	0,8	5 800	Ø12,3—Ø9,6—3,5 1,0—28,6		1—11 1—12 1—12	40 48 36	4 3 2	2 2 Посл.
81-2	48	3 000 / 2 960	127/220 220/380 500△	270/157 157 / 91 69	370 / 200	190	36	0,8	5 900	Ø14—Ø11,2—3,5 1,0—27,5		1—11 1—12 1—13	32 28 64	4 2 2	2 2 2
82-2	60	3 000 / 2 960	127/220 220/380 500⅄	— 195/113 85/5	370 / 200	230	36	0,8	5 700	Ø14—Ø11,2—3,5 1,0—27,5		— 1—13 1—13	— 36 48	— 3 3	— 2 2

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,5

9-й, 10-й габариты, 2-полюсные

					Ротор											
$N_{п\,1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м\,1\,из}$, кг	$U_{л\,2}$, в	$I_{ф\,2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п\,2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п\,2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал\,2}$, кг
3 5 11	3,28×1,35/3,53×1,60 3,28×1,56/3,53×1,81 3,28×1,35/3,53×1,60	7,1 7,1 7,2	425 425 425	28,0 25,8 25,5	—	—	33	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
2,5 4 5	3,28×1,56/3,53×1,81 3,28×1,95/3,53×2,2 3,28×1,56/3,53×1,81	7,1 6,6 6,3	395 395 395	27,0 27,4 27,0	—	—	33		—	1	1	„	—	—	—	—
2,5 4 5	3,53×1,81/3,78×2,06 3,53×2,1/3,83×2,4 3,53×1,68/3,78×1,93	7,2 7,1 6,8	475 475 475	36,5 35,0 36,0	—	—	40		—	1	1	„	—	—	—	—
— 3 4	— 3,53×2,83/3,83×3,13 3,53×2,1/3,83×2,4	— 6,6 6,8	— 450 450	— 40,0 39,5	—	—	40		—	1	1	„	—	—	—	—

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,6

6-й, 7-й, 8-й габариты, 2-полюсные

					Ротор											
$N_{п\,1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м\,1\,из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п\,2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал\,2}$, кг
10 16 22	1,56/1,81 1,35/1,6 1,45/1,7	7,4 7,5 7,35	325 325 325	8,4 8,0 8,0	—	—	21	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
7 12 16	1,4/1,58 1,35/1,6 1,35/1,60	7,1 6,7 6,8	290 290 290	8,3 8,8 8,8	—	—	21		—	1	1	„	—	—	—	—
6 10 13	1,45/1,7 1,25/1,5 1,56/1,81	7,0 7,3 7,2	350 350 350	11,8 11,6 11,8	—	—	27		—	1	1	„	—	—	—	—
5 8 18	1,6/1,85 1,45/1,7 1,68/1,9	7,2 6,8 6,6	345 345 345	13,5 13,4 13,4	—	—	27		—	1	1	„	—	—	—	—
4 7 16	1,81/2,06 1,95/2,2 1,68/1,9	7,7 7,6 7,8	365 365 365	16,5 16,6 17,5	—	—	27		—	1	1	„	—	—	—	—
— 6 8	— 1,81/2,06 1,56/1,81	— 7,4 7,5	— 390 390	— 18,3 18,1	—	—	27		—	1	1	„	—	—	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип АД. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
51-2	10	3 000/2 935	127/220 220/380 500Y	59/34,2 34,2/19,8 15,0	245/132	122	24	0,6	6 100	Ø12,8—Ø11—3,0 1,0—18,8	Двухслойная секционная	1—9	56 48 64	4 2 2	Посл. „ „
52-2	12	3 000/2 935	127/220 220/380 500Y	71/41 41/23,8 18	245/132	142	24	0,6	6 200	Ø12,8—Ø11—3,0 1,0—18,8		1—9	44 40 52	4 2 2	„ „ „
51-4	7,8	1 500/1 450	127/220 220/380 500Y	47/27,2 27,2/15,8 12	245/148	116	36	0,4	8 300	Ø8,7—Ø5,6—3,0 1,0—24,3		1—8	26 44 30	1 2 1	2 Посл. „
52-4	10	1 500/1 450	127/220 220/380 500Y	60/34,7 34,7/20,1 15,3	245/148	142	36	0,4	8 300	Ø8,7—Ø5,6—3,0 1,0—24,3		1—8	30 36 48	3 2 2	„ „ „
51-6	5,0	1 000/965	127/220 220/380 500Y	33/19 19/11 8,4	245/169	122	36	0,4	7 300	Ø10,3—Ø7,9—3,0 1,0—23,1		1—6	56 64 42	1 2 1	3 Посл. „
52-6	6,0	1 000/965	127/220 220/380 500Y	39/22,6 22,6/13,1 10	245/169	150	36	0,4	6 700	Ø10,3—Ø7,9—3,0 1,0—23,1		1—6	48 56 36	3 2 1	„ „ „
52-8	3,5	750/720	127/220 220/380 500Y	26/15 15,8/7 6,6	245/169	150	36	0,4	6 500	Ø10,3—Ø7,9—3,0 1,0—23,1		1—5	44 38 50	2 1 1	„ „ „

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип АД. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
41-2	5,1	3 000/2 925	127/220 220/380 500Y	31,0/17,9 17,9/10,4 7,9	213/115	110	24	0,5	5 800	Ø11,7—Ø9,9—2,8 1,0—17,8	Двухслойная секционная	1—9	38 32 42	2 1 1	Посл. „ „
42-2	7,4	3 000/2 920	127/220 220/380 500Y	44/25,4 25,4/14,7 11,2	213/115	136	24	0,5	5 800	То же		1—9	30 52 34	1 2 1	2 Посл. „
41-4	4,3	1 500/1 445	127/220 220/380 500Y	26,8/15,4 15,4/8,9 6,8	213/128	100	36	0,35	7 700	Ø7,7—Ø5,2—2,5 1,0—20,8		1—8	38 32 42	2 1 1	Посл. „ „
42-4	5,8	1 500/1 445	127/220 220/380 500Y	35,3/20,4 20,4/11,8 9,0	213/128	130	36	0,35	7 300	Ø7,7—Ø5,2—2,5 1,0—20,8		1—8	30 26 34	1 1 1	2 Посл. „
41-6	2,7	1 000/965	127/220 220/380 500Y	18,6/10,8 10,8/6,3 4,8	213/143	110	36	0,35	7 200	Ø8,7—Ø6,5—2,6 1,0—20,6		1—6	48 42 56	2 1 1	„ 1 „
42-6	3,5	1 000/965	127/220 220/380 500Y	23,7/13,7 13,7/7,9 6,0	213/143	136	36	0,35	7 200	Ø8,7—Ø6,5—2,6 1,0—20,6		1—6	40 34 44	2 1 1	Посл. „ „
51-8	2,8	750/720	127/220 220/380 500Y	21,3/12,3 12,3/7,1 5,4	245/169	122	36	0,4	6 300	Ø10,3—7,9—3 1,0—23,1		1—5	56 48 62	2 1 1	„ „ „

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,7

5-й габарит, 2-, 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	$Δ_1$, а/мм²	AS, а/см	$G_{м.из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	$Δ_2$, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
14	1,12/1,28	8,7	275	4,09	—	—	18	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
24	1,2/1,38	8,7	275	4,09												
32	1,05/1,21	8,7	275	4,09												
11	1,25/1,43	8,3	275	4,56	—	—	18		—	1	1	»	—	—	—	—
20	1,35/1,53	8,3	275	4,56												
26	1,16/1,34	8,5	275	4,45												
13	1,56/1,81	7,0	270	4,55	—	—	42		—	1	1	»	—	—	—	—
22	1,2/1,38	7,0	270	4,55												
30	1,45/1,63	7,2	270	4,42												
10	1,45/1,63	7,0	280	5,13	—	—	42		—	1	1	»	—	—	—	—
18	1,35/1,53	7,0	280	5,13												
24	1,16/1,34	7,2	280	5,0												
18,6	1,16/1,34	6,0	235	5,06	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	—
32	1,08/1,26	6,0	235	5,06												
42	1,35/1,53	6,0	235	5,06												
16	1,25/1,43	6,2	250	5,72	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	—
28	1,16/1,34	6,2	250	5,72												
36	1,45/1,63	6,1	250	5,6												
22	1,35/1,53	5,3	225	5,64	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	—
38	1,45/1,63	5,3	225	5,64												
50	1,25/1,43	5,3	225	5,64												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,8

4-й и 5-й габариты 2-, 4-, 6 и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	$Δ_1$, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	$Δ_2$, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
19	1,3/1,48	6,8	220	3,32	—	—	18	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
32	1,4/1,580	6,8	220	3,32												
42	1,2/1,38	7,0	220	3,2												
15	1,45/1,63	7,6	250	3,36	—	—	18		—	1	1	»	—	—	—	—
26	1,08/1,265	8,0	250	3,52												
34	1,35/1,53	7,8	250	3,6												
19	1,16/1,34	7,3	255	3,12	—	—	27		—	1	1	»	—	—	—	—
32	1,25/1,43	7,3	255	3,12												
42	1,08/1,26	7,4	255	3,0												
15	1,3/1,42	7,6	275	3,58	—	—	27		—	1	1	»	—	—	—	—
26	1,4/1,58	7,6	275	3,58												
34	1,25/1,43	7,4	275	3,68												
24	1,08/1,26	5,9	210	3,39	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	—
42	1,16/1,34	6,0	210	3,43												
56	1,0/1,16	6,1	210	3,36												
20	1,2/1,38	6,1	215	3,78	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	—
34	1,3/1,42	6,0	215	3,85												
44	1,12/1,28	6,1	215	3,78												
28	1,16/1,34	5,8	230	4,75	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	—
48	1,25/1,43	5,8	230	4,75												
62	1,08/1,26	5,9	230	4,81												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип АД. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
31-2	3,2	3 000/2 935	127/220 220/380 500Y	19,7/11,4 11,4/6,6 5,0	182/98	100	24	0,45	5 500	Ø10,1—Ø8,3—2,5 0,8—16,5	Двухслойная секционная	1—9	48 42 54	2 1 1	Посл. » »
32-2	4,2	3 000/2 930	127/220 220/380 500Y	25,6/14,8 14,8/8,6 6,5	182/98	122	24	0,45	5 600	Ø10,1—Ø8,3—2,5 0,8—16,5		1—9	40 34 44	2 1 1	Посл. » »
31-4	2,2	1 500/1 440	127/220 220/380 500Y	14,2/8,2 8,2/4,8 3,6	182/108	86	24	0,3	7 500	Ø10,4—Ø7,6—2,3 0,8—19,6		1—6	80 68 90	2 1 1	Посл. » »
32-4	3,2	1 500/1 440	127/220 220/380 500Y	20,3/11,7 11,7/6,8 5,2	182/108	116	24	0,3	7 300	Ø10,4—Ø7,6—2,3 0,8—19,6		1—6	58 50 66	1 1 1	2 Посл. »
31-6	1,2	1 000/955	127/220 220/380 500Y	9,2/5,3 5,3/3,1 2,35	182/118	90	27	0,3	6 200	Ø10,2—Ø7,5—2,3 0,8—20,9		1—5	52 90 118	1 1 1	Посл. » »
32-6	1,8	1 000/955	127/220 220/380 500Y	13,0/7,5 7,5/4,4 3,35	182/118	122	27	0,3	6 400	Ø10,2—Ø7,5—2,3 0,8—20,9		1—5	38 66 86	1 1 1	Посл. » »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип АД. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
21/2	1,6	3 000/2 915	127/220 220/380 500Y	10,5/6,1 6,1/3,5 2,75	152/82	90	24	0,35	5 600	Ø9,0—Ø7,5—2,2 0,8—13,8	Двухслойная секционная	1—9	34 58 76	1 1 1	Посл. » »
22/2	2,2	3 000/2 915	127/220 220/380 500Y	13,8/8,0 8,0/4,6 3,5	152/82	112	24	0,35	5 600	Ø9,0—Ø7,5—2,2 0,8—13,8		1—9	26 46 60	1 1 1	» » »
21/4	1,0	1 500/1 425	127/220 220/380 500Y	7,25/4,2 4,2/2,4 1,83	152/82	76	24	0,3	7 400	Ø9,4—Ø6,8—2,0 0,8—17,7		1—6	60 102 134	1 1 1	» » »
22/4	1,5	1 500/1 425	127/220 220/380 500Y	10,2/5,9 5,9/3,4 2,6	152/82	105	24	0,3	7 400	Ø9,4—Ø6,8—2,0 0,8—17,7		1—6	42 74 96	1 1 1	» » »
21/6	0,55	1 000/940	127/220 220/380 500Y	4,85/2,8 2,8/1,6 1,22	152/82	76	27	0,25	7 600	Ø9,1—Ø6,1—2,0 0,8—20,6		1—5	76 132 174	1 1 1	» » »
22/6	0,85	1 000/940	127/220 220/380 500Y	6,75/3,9 3,9/2,3 1,75	152/82	105	27	0,25	7 600	Ø9,1—Ø6,1—2,0 0,8—20,6		1—5	56 96 126	1 1 1	» » »

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ *Таблица 1,9*

3-й габарит, 2-, 4- и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Øгол}{Øиз}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Øгол}{Øиз}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
24	0,96/1,12	7,8	215	2,14	—	—	18	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
42	1,04/1,2	7,8	215	2,14												
54	0,96/1,12	7,7	215	2,17												
20	1,08/1,24	8,1	230	2,34	—	—	18		—	1	1	„	—	—	—	—
34	1,16/1,34	8,1	230	2,34												
44	1,0/1,16	8,2	230	2,3												
40	0,86/1,02	7,0	255	2,2	—	—	30		—	1	1	„	—	—	—	—
68	0,96/1,12	6,6	255	2,34												
90	0,8/0,96	7,1	255	2,2												
29	1,04/1,2	6,9	265	2,68	—	—	30		—	1	1	„	—	—	—	—
50	1,12/1,3	6,9	265	2,68												
66	0,96/1,12	7,1	265	2,6												
52	1,12/1,3	5,4	245	2,64	—	—	35		—	1	1	„	—	—	—	—
90	0,83/0,99	5,7	245	2,55												
118	0,74/0,9	5,5	245	2,6												
38	1,3/1,48	5,6	255	3,03	—	—	35		—	1	1	„	—	—	—	—
66	1,0/1,16	5,6	255	3,03												
86	0,86/1,02	5,7	255	2,98												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ *Таблица 1,10*

2-й габарит 2-, 4- и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Øгол}{Øиз}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Øгол}{Øиз}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
34	1,0/1,16	7,7	190	1,4	—	—	18	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
58	0,77/0,93	7,5	190	1,44												
76	0,67/0,82	7,4	190	1,6												
26	1,16/1,34	7,6	195	1,63	—	—	18		—	1	1	„	—	—	—	—
46	0,85/1,02	8,0	195	1,55												
60	0,77/0,93	7,5	195	1,65												
60	0,93/1,09	6,2	230	1,63	—	—	30		—	1	1	„	—	—	—	—
102	0,67/0,82	6,8	230	1,48												
134	0,58/0,74	6,9	230	1,46												
42	1,08/1,26	6,5	235	1,86	—	—	30		—	1	1	„	—	—	—	—
74	0,8/0,96	6,8	235	1,79												
96	0,69/0,85	7,0	235	1,74												
76	0,83/0,99	5,2	220	1,73	—	—	35		—	1	1	„	—	—	—	—
132	0,62/0,77	5,3	220	1,69												
174	0,53/0,69	5,5	220	1,63												
56	1,0/1,16	5,0	230	2,18	—	—	35		—	1	1	„	—	—	—	—
96	0,74/0,9	5,3	230	2,06												
126	0,62/0,77	5,8	230	1,9												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХ

Тип $БАО_2$. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$	z_1	δ, мм	B_i, гс	Размер паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
51-4	20,5	1 500/1 460	127/220 220/380 500Y	126/73 73/42 32	365/230	180	48	0,7	6 700	12,2—8,4—3,7 / 32,7—0,6	Двухслойная секционная	1—11	60 68 92	3 2 2	4 „ „
52-4	29	1 500/1 460	127/220 220/380 500Y	173/100 100/58 44	365/230	240	48	0,7	6 700	12,2—8,4—3,7 / 32,7—0,6		1—11	48 78 68	3 3 2	4 „ „
51-6	15	1 000/960	127/220 220/380 500Y	93/54 54/31,1 24	365/245	180	54	0,6	6 300	11,6—8,1—3,5 / 34,4—0,6		1—9	80 68 60	2 1 2	6 „ 2
52-6	20,5	1 000/960	127/220 220/380 500Y	126/73 73/42 32	365/245	240	54	0,6	6 000	11,6—8,1—3,5 / 34,4—0,6		1—9	60 104 68	2 2 1	6 „ „
51-8	10	750/720	127/220 220/380 500Y	67/39 39/22,5 17	365/260	180	48	0,6	5 600	14,8—10,8—3 / 35,9—0,6		1—6	80 108 96	4 3 4	2 „ Посл.
52-8	15	750/720	127/220 220/380 500Y	99/57 57/33 25	365/260	240	48	0,6	5 600	14,8—10,8—3 / 35,9—0,6		1—6	90 108 108	3 2 3	4 „ 2

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХ

Тип $БАО_2$. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_i, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
41/4	10	1 500/1 450	127/220 220/380 500Y	61,5/35,5 35,5/20,5 15,5	305/195	145	36	0,6	5 500	15,5—11,2—3,5 / 30,4—0,6	Двухслойная секционная	1—8	96 80 104	4 4 4	2 Посл. „
42/4	15	1 500/1 460	127/220 220/380 500Y	92/53 53/30,5 23	305/195	205	36	0,6	5 600	15,5—11,2—3,5 / 30,4—0,6		1—9	64 112 72	4 4 4	2 „ Посл.
41/6	7	1 000/1 450	127/220 220/380 500Y	47/27 27/15,5 12	305/210	145	36	0,5	5 800	16,3—12—3,5 / 30,4—0,6		1—6	96 108 72	3 2 2	2 „ Посл.
42/6	10	1 000/950	127/220 220/380 500Y	65/37,5 37,5/21,5 16,5	305/210	205	36	0,5	5 800	16,3—12—3,5 / 30,4—0,6		1—6	88 76 100	4 2 2	2 „ „
41/8	5,5	750/720	127/220 220/380 500Y	39/22,5 22,5/13 10	305/210	145	48	0,5	5 500	12,2—8,8—3 / 30—0,5		1—6	64 56 72	4 2 2	Посл. „ „
42/8	8	750/720	127/220 220/380 500Y	56/32 32/18,5 14	305/210	205	48	0,5	5 800	12,2—8,8—3 / 30 -0,5		1—6	88 76 100	4 2 2	2 „ „

ФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,11

5-й габарит, 5-, 6- и 8-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
5 8,5 11,5	1,45/1,64 1,35/1,54 1,16/1,35	3,65 3,7 3,8	240 240 240	21,5 21,0 21,2	—	—	41	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	5×20	—	—
4 6,5 8,5	1,56/1,93 1,25/1,44 1,35/1,54	3,8 3,95 3,85	250 250 250	24 23,5 23,5	—	—	41		—	1	1	»	—	»	—	—
6,65 11,3 15	1,25/1,44 1,35/1,54 1,45/1,64	3,65 3,65 3,65	250 250 250	20,6 20,3 20,8	—	—	45		—	1	1	»	—	3×30	—	—
5 8,7 11,3	1,45/1,64 1,08/1,27 1,35/1,54	3,67 3,8 3,75	260 260 260	23,7 23,5 23,3	—	—	45		—	1	1	»	—	»	—	—
10 18 24	1,45/1,64 1,25/1,44 1,35/1,54	2,95 3,05 3,0	249 249 249	21,5 22 22,7	—	—	60		—	1	1	»	—	»	—	—
7,5 13,5 18	1,35/1,54 1,25/1,44 1,25/1,44	3,35 3,4 3,45	260 260 260	25,0 25,3 25,2	—	—	60		—	1	1	»	—	»	—	—

ФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,12

4-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	$N_{п1эфф}$	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
1,25/1,44 1,35/1,54 1,16/1,35	12 20 26	3,65 3,6 3,7	240 240 240	15,6 15,2 14,8	—	—	30	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	4×25	—	—
1,56/1,75 1,16/1,35 1,45/1,64	8 14 18	3,45 3,6 3,55	250 250 250	19,6 19,4 19,3	—	—	30		—	1	1	»	—	»	—	—
1,25/1,44 1,16/1,35 1,45/1,64	16 27 36	3,65 3,65 3,65	305 305 305	13,3 13,0 13,4	—	—	45		—	1	1	»	—	3×25	—	—
1,35/1,54 1,45/1,64 1,25/1,44	11 19 25	3,3 3,25 3,4	300 300 300	16,8 16,7 16,4	—	—	45		—	1	1	»	—	»	—	—
1,35/1,54 1,45/1,64 1,25/1,44	16 28 36	3,9 3,95 4,05	265 265 265	12,1 12,1 11,6	—	—	54		—	1	1	»	—	»	—	—
1,16/1,35 1,25/1,44 1,08/1,27	11 19 25	3,8 3,8 3,85	255 255 255	15,0 14,8 14,8	—	—	54		—	1	1	»	—	»	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип БАО$_2$. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор													
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlywedge}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
31-4	5	1 500 1 440	127/220 220/380 500⅄	31,5/18,2 18,2/10,5 8,0	245 160	120	36	0,5	5 400	12,4—9,2—3,5 22,3—0,6	Двухслойная—секционная	1—8	68 60 76	2 2 2	2 Посл. „
32-4	7	1 500 1 450	127/220 220/380 500⅄	44/25 25/14,5 11,0	245 160	180	36	0,5	5 400	12,4—9,2—3,5 22,3—0,6		1—8	72 40 52	3 2 2	2 Посл. „
31-6	3,5	1 000 950	127/220 220/380 500⅄	24/14 14/8 6,0	245 170	120	36	0,4	5 500	13,4—9,8—3 24,5—0,5		1—6	48 84 54	2 2 1	„ „ „
32-6	5	1 000 960	127/220 220/380 500⅄	33,5/19 19/11 8,5	245 170	180	36	0,4	5 500	13,4—9,8—3 24,5—0,5		1—6	32 56 76	2 2 2	„ „ „
31-8	2,3	750 710	127/220 220/380 500⅄	18/10,5 10,5/6 4,5	245 170	120	36	0,4	5 700	13,4—9,8—3 24,5—0,5		1—5	64 54 72	2 1 1	„ „ „
32-8	3,6	750 715	127/220 220/380 500⅄	27/16 16/9 7,0	245 170	180	36	0,4	5 700	13,4—9,8—3 24,5—0,5		1—5	80 72 48	4 2 1	„ „ „

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип И$_2$ Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор													
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$ об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlywedge}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры, паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
30-4	3,7	1 500 1 440	127/220 220/380 500⅄	23,4/13,5 13,5/7,8 5,9	210 136	98	36	0,35	6 300	10,7—r = 4,1 20,8—0,7/3,5	Двухслойная секционная	1—8	44 40 52	2 1 1	Посл. „ „
31-4	5,2	1 500 1 440	127/220 220/380 500⅄	32/18,5 18,5/10,7 8,1	210 136	150	36	0,35	6 000	10,7—r = 4,1 20,8—0,7/3,5		1—8	60 52 34	2 2 1	2 Посл. „
30-6	2,5	1 000 960	127/220 220/380 500⅄	17,3/10,1 10,1/5,8 4,4	210 136	112	36	0,35	6 000	10,7—r = 4,1 20,8—0,7/3,5		1—6	60 52 68	2 1 1	„ „ „
31-6	3,5	1 000 960	127/220 220/380 500⅄	23,7/13,7 13,7/7,9 6,0	210 136	160	36	0,35	6 200	10,7—r = 4,1 20,8—0,7/3,5		1—6	40 36 46	2 1 1	„ „ „
30-8	1,3	750 720	127/220 220/380 500⅄	10,8/6,3 6,3/3,6 2,7	210 136	112	36	0,35	5 500	10,7—r = 4,1 20,8—0,7/3,5		1—5	88 76 100	2 1 1	„ „ „
31-8	2,3	750 720	127/220 220/380 500⅄	17,5/10,1 10,1/5,8 4,4	210 136	160	36	0,35	6 000	10,7—r = 4,1 20,8—0,7/3,5		1—5	56 48 64	2 1 1	„ „ „

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,13

3-й габарит, 4- , 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_1	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2ал}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
17 30 38	1,16/1,35 1,25/1,44 1,08/1,27	4,25 4,3 4,35	225 225 225	7,9 8,0 7,6	—	—	30	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	3×22	—	—
12 20 25	1,08/1,27 1,45/1,64 1,25/1,5	4,55 4,4 4,45	205 205 205	8,5 8,5 8,3	—	—	30		—	1	1	„	—	„	—	—
24 42 54	1,45/1,64 1,08/1,27 1,35/1,54	4,25 4,35 4,2	225 225 225	7,4 7,3 7,3	—	—	45		—	1	1	„	—	3×20	—	—
16 28 38	1,75/2,0 1,35/1,54 1,16/1,35	3,95 3,85 4,05	205 205 205	8,8 9,1 9,3	—	—	45		—	1	1	„	—	„	—	—
32 54 72	1,25/1,44 1,35/1,54 1,16/1,35	4,3 4,2 4,3	215 215 215	6,8 6,6 6,6	—	—	45		—	1	1	„	—	3×20	—	—
20 36 48	1,08/1,27 1,16/1,35 1,45/1,64	4,35 4,25 4,25	215 215 215	7,8 8,2 8,4	—	—	45		—	1	1	„	—	„	—	—

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,14

3-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
22 40 52	1,25/1,47 1,35/1,57 1,16/1,38	5,5 5,5 5,6	260 260 260	4,6 4,95 4,8	—	—	44	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	3,76×7,55	—	—
15 26 34	1,08/1,29 1,16/1,38 1,45/1,67	5,1 5,1 4,9	235 235 235	5,8 5,7 6,0	—	—	44		—	1	1	„	—	„	—	—
30 52 68	1,08/1,29 1,16/1,38 1,0/1,16	5,5 5,5 5,6	255 255 255	4,4 4,4 4,2	—	—	44		—	1	1	„	—	„	—	—
20 36 46	1,35/1,57 1,45/1,67 1,25/1,47	4,8 4,8 4,9	240 240 240	5,3 5,72 5,4	—	—	44		—	1	1	„	—	„	—	—
44 76 100	0,93/1,09 1,00/1,16 0,86/1,02	4,65 4,6 4,65	230 230 230	4,2 4,2 4,1	—	—	44		—	1	1	„	—	„	—	—
28 48 64	1,16/1,38 1,25/1,47 1,08/1,29	4,8 4,75 4,8	235 235 235	5,2 5,2 5,3	—	—	44		—	1	1	„	—	„	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕИ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

Тип $И_2$. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
20-4	1,3	1 500/1 420	127/220 220/380 500Y	8,8/5,1 5,1/2,9 2,2	168/106	73	27	0,3	6 200	11,7—r = 4,35 / 18,26 — 0,6/3	Двухслойная секционная	1—7	50 86 114	1	Посл.
21-4	2,3	1 500/1 420	127/220 220/380 500Y	14,9/8,6 8,6/5,0 3,8	168/106	115	27	0,3	6 100	"		1—7	32 56 72	1	"
20-6	0,8	1 000/940	127/220 220/380 500Y	6,4/3,7 3,7/2,1 1,6	168/106	83	27	0,3	6 000	"		1—5	68 116 150	1	"
21-6	1,3	1 000/940	127/220 220/380 500Y	9,6/5,6 5,6/3,2 2,4	168/106	125	27	0,3	6 000	"		1—5	46 80 104	1	"

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип $И_2$. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
10-4	0,35	1 500/1 410	127/220 220/380 500Y	2,8/1,6 1,6/0,9 0,69	126/77	50	24	0,25	6 500	10,4—r = 3,75 / 15,75 — 0,6/2,6	Двухслойная секционная	1—6	104 180 238	1	Посл. " "
10-6	0,15	1 000/930	127/220 220/380 500Y	1,6/0,9 0,9/0,52 0,38	126/77	60	27	0,25	6 300	9,3 — r = 3,35 / 15,75 — 0,6/2,3		1—5	148 256 336	1	" " "
11-4	0,7	1 500/1 420	127/220 220/380 500Y	5,1/2,9 2,9/1,7 1,3	126/77	86	24	0,25	6 450	10,4 — r = 3,75 / 15,75 — 0,6/2,6		1—6	66 112 148	1	" " "
11-6	0,35	1 000/935	127/220 220/380 500Y	3,1/1,8 1,8/1,1 0,84	126/77	96	27	0,25	5 950	9,3 — r = 3,35 / 15,75 — 0,6/2,3		1—5	84 146 192	1	" " "

С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,15

2-й габарит, 4- и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
50	1,16/1,38	4,8	200	2,8				Короткозамкнутая								
86	0,86/1,02	5,0	200	2,6	—	—	35		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
114	0,74/0,90	5,1	200	2,6												
32	1,45/1,67	5,2	225	3,4												
56	1,08/1,29	5,4	225	3,2	—	—	35		—	1	1	„	—	—	—	—
72	1,0/1,16	4,85	225	3,6												
68	1,0/1,16	4,7	200	2,6												
116	0,74/0,9	4,9	200	2,4	—	—	35		—	1	1	„	—	—	—	—
150	0,64/0,79	4,95	200	2,4												
46	1,25/1,47	4,55	210	3,4												
80	0,93/1,09	4,85	210	3,3	—	—	35		—	1	1	„	—	—	—	—
104	0,8/0,96	4,8	210	3,2												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,16

1-й габарит, 4- и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
104	0,69/0,84	4,2	160	1,38				Короткозамкнутая								
180	0,47/0,61	5,2	160	1,12	—	—	31		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
238	0,41/0,55	5,1	160	1,1												
148	0,51/0,66	4,4	132	1,15												
256	0,35/0,49	5,4	132	0,9	—	—	31		—	1	1	„	—	—	—	—
336	0,31/0,45	5,35	132	0,9												
66	0,86/1,02	5,0	188	1,7												
112	0,64/0,79	5,3	188	1,57	—	—	31		—	1	1	„	—	—	—	—
148	0,55/0,7	5,5	188	1,55												
84	0,74/0,9	4,2	180	1,68												
146	0,51/0,66	5,4	180	1,4	—	—	31		—	1	1	„	—	—	—	—
192	0,44/0,60	5,45	180	1,4												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХ

Тип И. Завод „Электросила". Ленинград.

Тид машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$ об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$	δ, мм	z_1	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
30-4	2,85	1 500/1 440	127/220 220/380 500Δ	18,0/10,4 10,4/6,1 4,6	210/136	98	0,35	36	5 800	$\frac{10,7-r=4,1}{20,8-0,7/3,5}$	Двухслойная секционная	1—8	48 40 94	2 1 1	Посл. " "
31-4	4,5	1 500/1 440	127/220 220/380 500Δ	27,8/16,0 16,0/9,3 7,0	210/136	150	0,35	36	5 800	$\frac{10,7-r=4,1}{20,8-0,7/3,5}$		1—8	60 52 64	2 2 1	2 Посл. "
30-6	1,75	1 000/960	127/220 220/380 500λ	12,3/7,1 7,1/4,1 3,1	210/136	112	0,35	36	5 500	$\frac{10,7-r=4,1}{20,8-0,7/3,5}$		1—6	64 54 70	2 1 1	" " "
31-6	2,85	1 000/960	127/220 220/380 500Δ	19,4/11,2 11,2/6,5 4,9	210/136	160	0,35	36	5 900	$\frac{10,7-r=4,1}{20,8-0,7/3,5}$		1—6	44 36 80	2 1 1	" " "
30-8	1,0	750/720	127/220 220/380 500λ	3,6/4,9 4,9/2,9 2,2	210/136	112	0,35	36	5 300	$\frac{10,7-r=4,1}{20,8-0,7/3,5}$		1—5	88 76 100	2 1 1	" " "
31-8	1,75	750/720	127/220 220/380 500λ	13,5/7,9 7,9/4,6 3,4	210/136	160	0,35	36	5 900	$\frac{10,7-r=4,1}{20,8-0,7/3,5}$		1—5	56 48 54	2 1 1	" " "

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХ

Тип И. Завод „Электросила". Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
20-4	1,0	1 500/1 420	127/220 220/380 500λ	7,0/4,0 4,0/2,3 1,8	168/106	73	27	0,3	5 800	$\frac{11,7-r=4,35}{18,26-0,6/3}$	Двухслойная секционная	1—7	104 92 118	2 1 1	Посл.
21-4	1,75	1 500/1 420	127/220 220/380 500λ	11,4/6,6 6,6/3,8 2,9	168/106	115	27	0,3	5 500	$\frac{11,7-r=4,35}{18,26-0,6/3}$		1—7	68 60 78	2 1 1	"
20-6	0,52	1 000/940	127/220 220/380 500λ	4,4/2,5 2,5/1,45 1,1	168/106	83	27	0,3	5 200	$\frac{11,7-r=4,35}{18,26-0,6/3}$		1—5	74 136 178	1 1 1	"
21-6	1,0	1 000/940	127/220 220/380 500λ	76/4,4 4,4/2,6 1,95	168/106	125	27	0,3	5 500	$\frac{11,7-r=4,35}{18,26-0,6/3}$		1—5	96 84 110	2 1 1	"

ФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,17*

3-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
24 40 94	1,16/1,38 1,25/1,47 0,8/0,95	4,9 4,95 5,3	200 200 200	4,35 4,18 4,1	—	—	44	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	1,25
15 26 64	1,0/1,16 1,08/1,29 1,0/1,16	5,1 5,1 5,15	200 200 200	4,8 5,2 5,3	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	1,8
32 54 70	1,0/1,16 1,08/1,29 0,93/1,09	4,5 4,5 4,55	185 185 185	3,96 3,9 3,76	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	1,4
22 36 80	1,25/1,47 1,35/1,57 0,93/1,09	4,55 4,55 4,2	195 195 195	5,17 4,95 5,2	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	1,9
44 76 100	0,86/1,02 0,93/1,09 0,8/0,96	4,2 4,25 4,35	185 185 185	3,7 3,7 3,6	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	1,4
28 48 54	1,08/1,29 1,16/1,38 1,0/1,16	4,3 4,35 4,35	185 185 185	4,5 4,5 4,6	—	—	44		—	1	1	»	—	—	—	1,9

ФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,18*

2-й габарит, 4- и 6-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
52 92 118	0,74/0,90 0,8/0,96 0,69/0,84	4,7 4,6 4,8	170 170 170	2,3 2,4 2,34	—	—	35	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—
34 60 78	0,93/1,09 1,0/1,16 0,86/1,02	4,9 4,8 5,0	185 185 185	2,94 3,0 2,9	—	—	35		—	1	1	»	—	—	—
74 136 178	0,86/1,02 0,64/0,79 0,55/0,70	4,3 4,5 4,6	160 160 160	2,08 2,15 2,07	—	—	35		—	1	1	»	—	—	—
48 84 110	0,77/0,93 0,8/0,96 0,69/0,84	4,4 5,2 5,2	177 177 177	2,75 2,52 2,35	—	—	35		—	1	1	»	—	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип И. Завод „Электросила“. Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlywedge}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	y_{n_1}	N_{n_1} эл	a_1	Соединение катушек
10-4	0,25	1 500 / 1 420	127/220 220/330 500 λ	2,1/1,2 1,2/0,72 0,54	126 / 77	50	24	0,25	5 400	10,4 — r = 3,75 / 15,75 — 0,6/2,6	Двухслойная секционная	1—6	130 214 272	1 1 1	Посл. „ „
11-4	0,52	1 500 / 1 420	127/220 220/380 500 λ	4,0/2,3 2,3/1,3 1,0	126 / 77	86	24	0,25	5 500	10,4 — r = 3,75 / 15,75 — 0,6/2,6		1—6	76 128 170	1 1 1	Посл. „ „
10-6	0,1	1 000 / 940	127/220 220/380 —	1,1/0,62 0,62/0,36 —	126 / 77	60	27	0,25	4 500	9,3 — r = 3,36 / 15,75 — 0,6/2,3		1—5	172 298 —	1 1 —	Посл. „ „
11-6	0,25	1 000 / 940	127/220 220/380 —	2,3/1,3 1,3/0,8 —	126 / 77	96	27	0,25	5 000	9,3 — r = 3,36 / 15,75 — 0,6/2,3		1—5	98 168 —	1 1 —	Посл. „ „

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ИЗО. Завод „Электросила“. Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlywedge}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	y_{n_1}	N_{n_1} эл	a_1	Соединение катушек
30-4	2,0	1 500 / 1 450	127/220 220/380 500 λ	13/7,5 7,5/4,3 3,3	210 / 136	98	36	0,35	5 300	10,7 — r = 4,1 / 20,8 — 0,7/3,5	Двухслойная секционная	1—8	52 46 60	2 1 1	Посл. „ „
31-4	3,0	1 450 / 1 500	127/220 220/380 500 λ	19/11 11/6,4 4,9	210 / 136	150	36	0,35	4 700	10,7 — r = 4,1 / 20,8 — 0,7/3,5		1—8	38 68 44	1 2 1	2 Посл. „
30-6	1,5	1 000 / 960	127/220 220/380 500 λ	11/6,4 6,4/3,7 2,8	210 / 136	112	36	0,35	5 300	10,7 — r = 4,1 / 20,8 — 0,7/3,5		1—6	68 58 76	2 1 1	Посл. „ „
31-6	2,0	1 000 / 960	127/220 220/380 500 λ	13,7/7,9 7,9/4,5 3,42	210 / 136	160	36	0,35	5 700	10,7 — r = 4,1 / 20,8 — 0,7/3,5		1—6	44 40 52	1 1 1	2 Посл. „
31-8	1,15	750 / 720	127/220 220/380 500 λ	10/5,8 5,8/3,3 2,52	210 / 136	160	36	0,35	5 200	10,7 — r = 4,1 / 20,8 — 0,7/3,5		1—5	68 58 76	2 1 1	Посл. „ „

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

1-й габарит, 4-и 6- полюсные

Таблица 1,19

					Ротор											
$N_{п_1\, эфф}$	$\frac{Ø\ гол}{Ø\ из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м_1}$ из, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф_2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\, эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п_2\, эфф}$	$\frac{Ø\ гол}{Ø\ из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
130	0,55/0,70	5,0	150	1,11				Короткозамкнутая								
214	0,41/0,55	5,5	150	1,04	—	—	31		—	1	1	Пар.	—	3,21 × 6,42	—	—
272	0,35/0,48	5,6	150	0,97												
76	0,74/0,90	5,3	165	1,43												
128	0,55/0,70	5,5	165	1,35	—	—	31		—	1	1	»	—	3,21 × 6,42	—	—
170	0,47/0,61	5,8	165	1,32												
172	0,44/0,58	4,1	120	1,01												
298	0,3/0,43	5,0	120	0,93	—	—	31		—	1	1	»	—	3,21 × 6,42	—	—
—	—	—	—	—												
98	0,59/0,74	4,8	150	1,3												
168	0,44/0,58	5,2	150	1,25	—	—	31		—	1	1	»	—	3,21 × 6,42	—	—
—	—	—	—	—												

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

3-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

Таблица 1, 20

					Ротор											
$N'_{п_1\, эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м_1}$ из, кг	$U_{л_2}$, в	$I_{ф_2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\, эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п_2\, эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, кг	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
26	1,16/1,38	3,56	165	4,75				Короткозамкнутая								
46	1,16/1,38	4,05	165	4,2	—	—	44		—	1	1	Пар.	—	3,76 × 7,55	—	—
60	1,0/1,16	4,2	165	4,1												
19	1,35/1,57	3,86	180	6,5												
34	1,0/1,16	4,08	180	6,4	—	—	44		—	1	1	»	—	3,76 × 7,55	—	—
44	1,25/1,47	4,0	180	6,2												
34	1,0/1,16	4,08	180	4,4												
58	1,08/1,29	4,05	180	4,4	—	—	44		—	1	1	»	—	3,76 × 7,55	—	—
76	0,93/1,09	4,12	180	4,2												
22	1,25/1,47	3,2	150	4,5												
40	1,35/1,57	3,15	150	5,7	—	—	44		—	1	1	»	—	3,76 × 7,55	—	—
52	1,16/1,38	3,24	150	5,5												
34	1,0/1,16	3,7	160	4,6												
58	1,08/1,29	3,6	160	4,6	—	—	44		—	1	1	»	—	3,76 × 7,55	—	—
76	0,93/1,09	2,73	160	4,5												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ИЗО. Завод „Электросила“. Ленинград.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1\,эл}$	a_1	Соединение катушек
20-4	0,8	1 500 / 1 450	127/220 220/380 500 ⅄	5,65/3,25 3,25/1,9 1,43	168 / 106	73	27	0,3	5 800	$\frac{11,7 - r = 4,35}{18,26 - 0,6/3}$	Двухслойная секционная	1—7	108 96 126	2 1 1	Посл. » »
21-4	1,5	1 500 / 1 450	127/220 220/380 500 ⅄	10,0/5,8 5,8/3,35 2,55	168 / 106	115	27	0,3	5 300	$\frac{11,7 - r = 4,35}{18,26 - 0,6/3}$		1—7	76 66 86	2 1 1	Посл. » »
20-6	0,52	1 000 / 960	127/220 220/380 500 ⅄	4,4/2,5 2,5/1,45 1,1	168 / 106	83	27	0,3	5 200	$\frac{11,7 - r = 4,35}{18,26 - 0,6/3}$		1—5	80 136 178	1 1 1	Посл. » »
21-6	0,8	1 000 / 960	127/220 220/380 500 ⅄	6,5/3,85 3,85/2,22 1,65	168 / 106	125	27	0,3	5 100	$\frac{11,7 - r = 4,35}{18,26 - 0,6/3}$		1—5	108 92 120	2 1 1	Посл. » »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГА

Типы R и PRV. Завод „Электросила“.

Тип машины	Статор														
	P, *л.с./квт*	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1\,эл}$	a_1	Соединение катушек
104a	7,5 / 5,5	1 500 / 1 420	500 ⅄ 220/380 120/210	9,05 20,6/11,9 38/21,6	290 / 165,4	100	48	0,4	6 800	$\frac{9,5-6}{30-28} \cdot 2,5$	Катушечная	—	27 21 46	1 1 2	Посл. » 2
114a	10,2 / 7,5	1 500 / 1 430	500 ⅄ 220/380 120/210	12,0 27,4/15,8 50,0/28,6	310 / 180,5	100	48	0,45	7 200	$\frac{10-6,5}{30-28} \cdot 3$		—	24 18 20	1 1 2	Посл. » »
124a	13,6 / 10,0	1 500 / 1 430	500 ⅄ 220/380 120/210	15,6 35,5/20,5 65,0/37,2	335 / 195,4	100	48	0,45	7 200	$\frac{11-7}{34-32} \cdot 3$		—	44 34 38	2 2 2	Посл. » 2
124e	17 / 12,5	1 500 / 1 430	500 ⅄ 220/380 120/210	19,2 43,5/25,2 80/45,7	335 / 195,4	120	48	0,45	6 700	$\frac{11-7}{34-32} \cdot 3$		—	38 30 32	2 2 2	Посл. » 2
134d	20,4 / 15	1 500 / 1 450	500 ⅄ 220/380 120/210	22,6 51,6/29,8 93,5/53,5	360 / 210,6	130	48	0,5	6 700	$\frac{12-7,5}{37-35} \cdot 3$		—	34 26 42	2 2 3	Посл. » 2
154f	27,2 / 20	1 500 / 1 450	500 ⅄ 220/380 120/210	29,2 66,1/38,4 122/70	410 / 225,5	150+10	48	0,55	6 200	$\frac{12-8}{37-35} \cdot 3$		—	42 33 36	3 3 3	Посл. » 2
164f	34 / 25	1 500 / 1 450	500 ⅄ 220/380 120/210	35,8 82/47,3 150/85,5	450 / 250,7	150+10	48	0,6	6 200	$\frac{14-9}{45-42} \cdot 3,5$		—	26 20 33	2 2 3	Посл. » 2

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,21

2-й габарит, 4-, и 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\,из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
54 96 126	0,74/0,90 0,8/0,96 0,69/0,84	3,75 3,75 3,85	150 150 150	2,4 2,5 2,5	—	—	35	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	3,76×7,55	—	—
38 66 86	0,93/1,09 1,0/1,16 0,86/1,02	4,3 4,25 4,4	180 180 180	3,4 3,4 3,3	—	—	35		—	1	1	„	—	3,76×7,55	—	—
80 136 178	0,86/1,02 0,64/0,79 0,55/0,70	4,35 4,55 4,65	160 160 160	2,25 2,4 2,4	—	—	35		—	1	1	„	—	3,76×7,55	—	—
54 92 120	0,74/0,9 0,8/0,96 0,69/0,84	4,45 4,45 4,45	170 170 170	2,9 3,0 2,85	—	—	35		—	1	1	„	—	3,76×7,55	—	—

ТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,22

Ленинград. 4-полюсные

					Ротор											
$N_{п1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\,из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
27 21 11,5	1,7/1,95 1,95/2,25 1,3/1,55	3,95 4,0 4,05	230 230 230	13,5 13,5 13,0	54	75	72	Стержневая волновая	λ	2	1	Посл.	2	7,5×1,7	5,9	5,0
24 18 10	2,0/2,3 2,3/2,6 2,1/2,4	3,82 3,8 4,1	240 240 240	16,5 16,5 15,5	63	85	72		λ	2	1	„	2	7,5×2,0	5,7	6,5
22 17 9,5	1,6/1,85 1,9/2,15 1,7/1,95	3,9 3,6 4,1	275 275 275	20,5 20,5 19,5	67	104	72		λ	2	1	„	2	7,5×2,4	5,8	8,0
19 15 8	1,7/1,95 1,9/2,15 2,0/2,3	4,25 4,45 3,65	295 295 295	21 21 24	76	113	72		λ	2	1	„	2	7,5×2,4	6,3	8,5
17 13 7	2,0/2,3 2,3/2,6 1,8/2,05	3,6 3,6 3,5	280 280 280	27,5 27,5 27,0	88	117	72		λ	2	1	„	2	7,5×2,6	6,0	10,0
14 11 6	1,9/2,15 2,2/2,5 2,0/2,3	3,45 3,35 3,7	285 285 285	33 33 33	102	126	72		λ	2	1	„	2	8,5×2,8	5,3	14,0
13 10 5,5	2,6/2,9 2,8/3,1 2,3/2,6	3,4 3,85 3,45	290 290 290	41 41 41,5	114	142	72		λ	2	1	„	2	8,5×3,2	5,3	16,5

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕ

Типы R и PRV. Завод „Электро

Тип машины	Статор													
	P, л.с./квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$N_{п1}$ эл	a_1	Соединение катушек
104a	$\frac{5,4}{4,0}$	$\frac{1\,000}{940}$	500 ⅄ 220/380 120/210	6,9 15,6/9,05 28,6/16,4	$\frac{310}{180,5}$	100	54	0,4	6 500	$\frac{9\cdot6}{32\cdot30}\cdot3$	Катушечная	36 27 30	1 1 2	Посл. „ „
114a	$\frac{7,5}{5,5}$	$\frac{1\,000}{945}$	500 ⅄ 220/380 120/210	9,7 22,3/12,8 41,0/23,4	$\frac{310}{180,5}$	110	54	0,4	7 200	$\frac{9\cdot6}{32\cdot30}\cdot3$		28 22 24	1 1 2	Посл. „ „
124c	$\frac{10,2}{7,5}$	$\frac{1\,000}{955}$	500 ⅄ 220/380 120/210	12,2 27,8/16,1 51,3/29,3	$\frac{335}{210,4}$	120	54	0,45	6 300	$\frac{10\cdot6,5}{35\cdot33}\cdot3$		26 20 33	1 1 3	Посл. „ „
134a	$\frac{13,6}{10,0}$	$\frac{1\,000}{955}$	500 ⅄ 220/380 120/210	15,8 36/20,9 66,5/38	$\frac{360}{225,5}$	130	54	0,45	6 400	$\frac{11-7}{37-35}\cdot3$		44 34 30	2 2 3	Посл. „ „
134f	$\frac{17,0}{12,5}$	$\frac{1\,000}{960}$	500 ⅄ 220/380 120/210	19,6 45/26 82,0/47	$\frac{360}{225,5}$	150+10	54	0,45	6 100	$\frac{11-7}{37-35}\cdot3$		38 30 24	2 2 3	Посл. „ „
154f	$\frac{20,4}{15,0}$	$\frac{1\,000}{960}$	500 ⅄ 220/380 120/210	23,1 52,8/30,5 97,0/55,5	$\frac{410}{250,5}$	150+10	54	0,5	6 300	$\frac{12-5}{40-38}\cdot3$		34 26 44	2 2 2	Посл. „ 3
164f	$\frac{27,7}{20}$	$\frac{1\,000}{960}$	500 ⅄ 220/380 120/210	30,5 70/40,5 130/74	$\frac{450}{275,5}$	150+10	54	0,55	6 800	$\frac{14,1-9}{45-42}\cdot3,5$		30 22 38	2 2 2	Посл. „ 3

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕ

Типы R и PRV. Завод „Электро

Тип машин	Статор														
	P, л.с./квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размер паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1}$ эл	a_1	Соединение катушек
164g	$\frac{34}{25}$	$\frac{1\,000}{960}$	500 ⅄ 220/380 120/210	37,7 86,49,7 158/90,5	$\frac{450}{275,5}$	180+10	54	0,6	6 400	$\frac{14,1-9}{45-42}\cdot3,5$	Катушечная	—	39 29 32	3 3 2	Посл. „ 3 пар.
184g	$\frac{40,8}{30,1}$	$\frac{1\,000}{960}$	500 ⅄ 220/380 120/210	44,5 102/59 187/107	$\frac{500}{300,7}$	180+10	54	0,6	6 300	$11,5\cdot\frac{47}{50}\cdot3,5$		—	36 27 30	3 3 2	Посл. „ 3 пар.
204g	$\frac{50,3}{37}$	$\frac{1\,000}{970}$	500 ⅄ 220/380 120/210	53,8 123/71 226/129	$\frac{550}{330,7}$	180+10	54	0,6	6 500	$12\cdot\frac{47}{50}\cdot3,5$		—	33 24 26	3 3 2	Посл. „ 3 пар.
204h	$\frac{59,8}{44}$	$\frac{1\,000}{975}$	500 ⅄ 220/380 120/210	63,5 145/84 267/153	$\frac{550}{330,7}$	210+3·10	54	0,6	6 400	$12\cdot\frac{47}{50}\cdot3,5$		—	27 20 33	3 1 3	Посл. 3 пар. 3 „
224h	$\frac{70,7}{52}$	$\frac{1\,000}{975}$	500 ⅄ 220/380 120/210	73,8 168/97,5 310/177	$\frac{600}{366}$	210+3·10	54	0,7	5 800	$13,5\cdot\frac{47}{50}\cdot3,5$		—	52 40 33	2 2 3	3 пар. 3 „ 3 „
224i	$\frac{81,6}{60}$	$\frac{1\,000}{975}$	500 ⅄ 220/380 120/210	84,7 194/112 360/205	$\frac{600}{366}$	210+3·10	54	0,7	6 700	$13,5\cdot\frac{47}{50}\cdot3,5$		—	46 34 30	2 2 3	3 пар. 3 „ 3 „
244i	$\frac{102}{75}$	$\frac{1\,000}{975}$	500 ⅄ 220/380 120/210	106 242/140 446/255	$\frac{650}{401,2}$	210+3·10	54	0,7	6 500	$15\cdot\frac{47}{50}\cdot4$		—	42 32 27	2 2 3	3 пар. 3 „ 3 „

ЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,23

сила". Ленинград. 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1\,из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	$G_{м2\,из}$, *кг*
36	1,45/1,7	4,2	230	12,5	38	82	72	Стержневая волновая	λ	2	1	Посл.	2	7,5×2,0	5,5	5,5
27	1,7/1,95	3,95	230	12,5												
15	1,65/1,9	3,8	230	13,0												
28	1,7/1,95	4,25	270	14,0	46	95	72		λ	2	1	»	2	7,5×2,0	6,3	6,0
22	1,9/2,15	4,5	270	14,0												
12	1,9/2,15	4,1	270	14,5												
26	2,0/2,3	3,9	265	19,5	50	108	72		λ	2	1	»	2	7,5×2,8	5,2	9,0
20	2,3/2,6	3,85	265	19,5												
11	1,8/2,05	3,85	265	19,5												
22	1,65/1,9	3,7	270	22,5	59	120	72		λ	2	1	»	2	7,5×2,8	5,7	10,0
17	1,9/2,15	3,7	270	22,5												
10	2,0/2,3	4,0	270	22,0												
19	1,8/2,05	3,85	300	26,0	68	130	72		λ	2	1	»	2	7,5×2,8	6,2	10,5
15	2,0/2,3	4,1	300	26,0												
8	2,2/2,5	4,1	300	24,5												
17	2,0/2,3	3,65	270	28,5	78	134	72		λ	2	1	»	2	8,5×2,8	5,6	12,5
13	2,3/2,6	3,67	270	28,5												
7.35	1,8/2,05	3,65	270	29,0												
15	2,2/2,5	4,0	280	33	115	120	90		λ	2	1	»	2	8,5×2,8	5,0	16,0
11	2,6/2,9	3,8	280	33												
6,34	2,0/2,3	3,95	280	34												

ЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,24

сила" Ленинград. 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1\,из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п\,2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п\,2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2\,из}$, *кг*
13	2,0/2,3	4,0	300	36,5	130	129	90	Стержневая волновая	λ	2	1	Посл.	2	8,5×2,8	5,4	18,0
9,7	2,3/2,6	4,0	300	36,5												
5,35	2,2/2,5	3,95	300	36,0												
12	2,8/2,5	3,92	305	43	140	142	90		λ	2	1	»	2	8,5×2,8	6,0	19,0
9	2,5/2,8	4,0	305	43												
5	2,4/2,7	3,95	305	42,5												
11	2,4/2,7	3,95	295	49,5	158	154	90		λ	2	1	»	2	8,5×3,8	4,8	26,5
8	2,8/3,1	3,83	295	49,5												
4,34	2,7/3,0	3,75	295	49,5												
9	2,7/3,0	3,7	295	55,5	188	150	90		λ	2	1	»	2	8,5×3,8	4,7	29,5
6,7	3,1/3,4	3,73	295	55,5												
3,67	2,4/2,7	3,75	295	53,5												
8,7	2,1/2,4	3,55	305	66,5	188	176	90		λ	2	1	»	2	8,5×3,8	5,4	31,0
6,7	2,3/2,6	3,9	305	66,5												
3,67	2,7/3,0	3,45	305	65,5												
7,7	2,2/2,5	3,75	300	70,0	220	172	90		λ	2	1	»	2	8,5×3,8	5,3	31,0
5,7	2,6/2,9	3,55	300	70,0												
3,34	2,8/3,1	3,7	300	65,5												
7,0	2,4/2,7	3,9	320	76,5	238	176	90		λ	2	1	»	2	9,0×4	4,9	37,0
5,32	2,8/3,1	3,8	320	76,5												
3,0	3,1/3,4	3,77	320	80,0												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Типы R и PRV. Завод „Электро

Тип машины	Статор														
	P, л.с./квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s\,b_s'$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	y_{n1}	$N_{n1эл}$	a_1	Соединение фаз катушек
244k	122/90	1 000/980	500 ⅄ 220/380 120/210	127 290/168 536/306	650/401,2	280+ +4·10	54	0,8	5 600	$15\cdot\frac{47}{50}\cdot4$	Катушечная	—	36 28 2—2—3 —3—2—2	2 2 1	3 пар. » Посл.
264k	150/110	1 000/980	500 ⅄ 220/380 120/210	153 350/202 641/366	700/451,4	280+ +4·10	72	0,8	5 800	$12{,}5\cdot\frac{52}{55}\cdot3{,}5$		—	4 3 15	1 1 3	Посл. » 3 пар.
264e	190/140	1 000/980	500 ⅄ 220/380 120/210	193 440/255 814/465	700/451,4	280+ +4·10	72	0,8	5 800	$12{,}5\cdot\frac{52}{55}\cdot3{,}5$		—	4 3 15	1 1 3	Посл. » 3 пар.
264m	204/150	1 000/980	500 ⅄ 220/380 120/210	207 475/274 875/500	700/451,4	360+ +4·10	72	0,8	5 900	$12\cdot\frac{52}{55}\cdot3{,}5$		—	3 21 16	1 3 4	Посл. 3 пар. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Типы R и PRV. Завод „Электро

Тип машины	Статор														
	P, л.с./квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s\cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	y_{n1}	$N_{n1эл}$	a_1	Соединение катушек
184g	34,0/25,0	750/725	500⅄ 220/380 120/210	38,2 87,5/50,5 161,0/92,0	500/330,5	180+10	72	0,6	6 100	$\frac{12—8}{50—41}\cdot3{,}5$	Катушечная	—	22 34 19	2 1 1	Посл. 4 4
204g	40,8/30,0	750/725	500⅄ 220/380 120/210	45,0 103,0/59,5 189,0/108	550/365,8	180+10	72	0,6	6 200	$\frac{13—9}{50—47}\cdot3{,}5$		—	20 30 24	2 1 3	Посл. 4 2
204h	50,3/37,0	750/730	500⅄ 220/380 120/210	55,2 126/73,0 233/133	550/365,8	210+2·10	72	0,6	6 000	$\frac{13—9}{50—47}\cdot3{,}5$		—	34 26 21	1 1 3	4 4 2
224h	59,8/44,0	750/730	500⅄ 220/380 120/210	65,3 149,5/86,5 276/158	600/401	210+2·10	72	0,6	6 000	$11{,}5\cdot\frac{47}{50}\cdot3{,}5$		—	24 24 13	3 1 1	Посл. 4 4
244i	70,7/52	750/730	500⅄ 220/380 120/210	77 176/102 325/186	600/401	240+2·10	72	0,6	5 700	$11{,}5\cdot\frac{47}{50}\cdot3{,}5$		—	28 22 18	2 1 3	2 4 2
224i	88,5/65	750/730	500⅄ 220/380 120/210	94,5 216/124,5 395/226	650/451,2	240+2·10	72	0,7	5 900	$12{,}5\frac{47}{50}\cdot3{,}5$		—	25 19 20	1 1 2	4 » »
244k	109/80	750/730	500⅄ 220/380 120/210	116 265/153 486/278	650/451,2	280+4·10	72	0,7	5 800	$12{,}5\frac{47}{50}\cdot3{,}5$		—	33 24 18	3 3 2	2 » 4

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,25*

сила". Ленинград. 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\ из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2\ из}$, кг
6,0 4,66 2,5	2,6/2,9 3,0/3,3 11×9/12,2×10,2	4,0 3,95 3,1	335 335 335	83,5 83,5 91,0	270	180	90	Стержневая волновая	λ	2	1	Посл.	2	9×4	5,0	42,5
4,0 3,0 1,67	7×7/8×8 7,5×9,0/8,7×10,8 3,8/4,10	3,12 3,0 3,6	310 310 310	102,5 102,0 102,5	315	218	90		λ	2	1	"	2	9×4,8	5,0	53,5
4,0 3,0 1,67	7×7/8×8 7,5×9,0/8,7×10,8 3,8/4,1	3,95 3,76 4,56	390 390 390	102,5 102,0 102,5	315	275	90		λ	2	1	"	2	9×4,8	6,4	53,5
3 2,34 1,33	7,5×9,0/8,7×10,8 3,4/3,7 3,8/4,1	3,1 3,65 3,70	325 325 325	118 118 118,5	405	230	90		λ	2	1	"	2	9×4,8	5,3	60,0

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,26*

сила". Ленинград. 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
11 8,5 4,75	2,5/2,8 2,0/2,25 2,7/3,0	3,9 4,0 4,0	300 300 300	40,0 40,0 40,0	149	116	120	Стержневая волновая	λ	2	1	Посл.	2	2,2·9	5,9	20,5
10 7,5 4,0	2,7/3,0 2,2/2,5 2,4/2,7	3,95 3,93 3,95	280 280 280	48,5 48,5 47,5	169	120	120		λ	2	1	"	2	2,3·10	5,2	25
8,5 6,5 3,5	2,1/2,4 2,4/2,7 2,7/3,0	4,0 4,0 3,88	300 300 300	54,5 54,5 54,0	195	128	120		λ	2	1	"	2	2,3·10	5,6	27,5
8 6 3,25	2,7/3,0 2,7/3,0 3,6/3,9	3,84 3,8 3,9	300 300 300	61,5 61,5 60,0	212	140	120		λ	2	1	"	2	2,8·10	5,0	35,0
7 5,5 3,0	2,5/2,8 2,9/3,2 3,2/3,5	3,92 3,88 3,85	320 320 320	64 64 63	230	151	120		λ	2	1	"	2	2,8·10	5,4	36,0
6,25 4,75 2,5	2,8/3,1 3,2/3,5 3,1/3,4	3,85 3,85 3,77	300 300 300	75 75 77	267	159	120		λ	2	1	"	2	3·10	5,3	41,5
5,5 4,0 2,25	2,5/2,8 2,9/3,2 3,4/3,7	3,95 3,85 3,82	310 310 310	82 82 83	316	165	120		λ	2	1	"	2	3·10	5,5	46,0

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Типы R и PRV. Завод „Электро

Тип машины	Статор														
	P, л.с./квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s\cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
264k	136/100	750/730	500Y 220/380 120/210	143 247/189 600/344	700/501,3	280+2·10	72	0,8	5 300	$13{,}5\cdot\frac{47}{50}\cdot3{,}5$	Катушечная	—	5 4 5—4	1 1 1	Посл. " 2 пар.
264m	170/125	750/730	500Y 220/380 120/210	177 405/234 745/425	360/501,3	700+4·10	72	0,8	5 500	$13{,}5\cdot\frac{47}{50}\cdot3{,}5$	Катушечная	—	4 3 7—6	1 1 1	Посл. " 4 пар.
284e	204/150	750/730	500Y 220/380 120/210	210 480/277 875/505	770/551,2	320+4·10	72	0,9	5 600	$15{,}5\cdot\frac{52}{55}\cdot4$	Катушечная	—	4 3 3—4	1 1 1	Посл. " 2 пар.
284п	252/185	750/730	500Y 220/380 120/210	257 590/340 1 090/620	770/551,2	400+6·10	72	0,9	5 900	$15{,}5\cdot\frac{52}{55}\cdot4$	Катушечная	—	3 5—4 2—3	1 1 1	Посл. 2 пар. "

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип R. Завод „Электро

Тип машины	Статор														
	P, л.с./квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$	$l+n_s\cdot b_s$	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
21-1500	0,5/0,37	1 500/1 400	500Y 220/380 120/210	0,85 1,91/1,1 3,5/2,0	150/81	65	24	0,3	5 800	10·18	Катушечная	—	189 144 82	1 1 1	Посл. " "
31-1500	1,0/0,74	1 500/1 415	500Y 220/380 120/210	1,35 3,5/1,75 5,6/3,18	180/100	90	36	0,3	5 800	7·19,5	Катушечная	—	79 60 34	1 1 1	" " "
41-1500	1,5/1,1	1 500/1 415	500Y 220/380 120/210	2,0 4,6/2,6 8,4/4,8	210/110	70	36	0,3	5 800	7,5·20	Катушечная	—	90 69 39	1 1 1	" " "
51-1500	2,0/1,47	1 500/1 420	500Y 220/380 120/210	2,55 5,8/3,35 10,5/6,0	220/125	70	36	0,35	6 000	8·24	Катушечная	—	77 59 68	1 1 1	" " 2 пар.
61-1500	3,0/2,2	1 500/1 420	500Y 220/380 120/210	3,8 8,4/4,9 15,2/8,7	250/140	80	36	0,4	5 800	10·25	Катушечная	—	64 49 56	1 1 1	Посл. " 2 пар.
71-1500	4,0/3,0	1 500/1 425	500Y 220/380 120/210	4,6 10,5/6,1 18,9/10,8	265/150	100	48	0,4	6 000	9·26	Катушечная	—	34 26 30	1 1 1	Посл. " 2 пар.
81-1500	5,5/4,1	1 500/1 430	500Y 220/380 120/210	6,9 15,6/9,0 28,3/16,2	290/165	100	48	0,4	5 800	8·30	Катушечная	—	60 46 52	1 1 2	2 пар. 2 пар. 2 пар.

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,27

сила". Ленинград. 8-полюсные

$N_{n1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1}$ из, кг	Ротор $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
5	8,5×5,5	3,05	345	106	316	204	120	Стержневая волновая	λ	2	1	Посл.	2	3,5×10,5	5,6	51,0
4	8,5×7,0	3,18	345	106												
2,25	8,5×7	2,87	345	115												
4	8,5×7,0	3,0	325	133	422	190	120		λ	2	1	„	2	„	5,2	67,0
3	10,5×7,5	2,96	325	133												
1,63	4,2×8,5	2,96	325	133												
4	10,5×7,5	2,68	345	165	422	225	120		λ	2	1	„	2	4×11,0	5,1	79,5
3	10,5×9,0	2,95	345	165												
1,75	10,5×8,5	2,84	345	163												
3	10,5×9	2,74	320	165	562	207	120		λ	2	1	„	2	„	4,7	89,5
2,25	8,5×7	2,85	320	161												
1,25	10,5×9	3,26	320	156												

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,28

сила". Ленинград. 4-полюсные

$N_{n1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
189	0,5/0,65	4,3	150	1,1	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
144	0,58/0,73	4,2	150	1,2												
82	0,8/0,96	4,0	150	1,3												
79	0,69/0,85	3,6	120	2,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
60	0,8/0,96	3,5	120	2,6												
34	1,1/1,26	3,4	120	2,7												
90	0,86/1,02	3,4	185	4,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
69	1,0/1,16	3,3	185	4,6												
39	1,35/1,55	3,3	185	4,6												
77	1,0/1,16	3,3	180	5,6	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
59	1,16/1,34	3,2	180	5,8												
34	1,1/1,3	3,2	180	5,8												
64	1,2/1,4	3,3	195	7,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	-
49	1,4/1,6	3,2	195	8,0												
28	1,3/1,5	3,3	195	7,8												
34	1,35/1,55	3,2	160	7,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
26	1,56/1,76	3,2	160	7,2												
15	1,45/1,65	3,3	160	7,0												
30	1,16/1,34	3,3	190	11,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
23	1,35/1,55	3,2	190	11,2												
13	1,25/1,45	3,3	190	11,0												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

Тип МА-142, 143, 144.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
142-1/8	2,7	750/720	127/220 220/380 500Y	21,3/12,3 12,3/7,1 5,4	245/160	130	48	0,35	6 300	8,9·5,9·26,2 / 3·0,6	Однослойная шаблонная	1—6	20 35 45	1 1 1	Посл. » »
142-2/8	4,0	750/730	127/220 220/380 500Y	30,3/17,5 17,5/10,1 7,7	»	190	48	»	6 300			1—6	28 24 31	2 1 1	» » »
143-1/8	5,8	750/730	127/220 220/380 500Y	41,5/24 24/13,9 10,6	320/235	135	48	0,4	6 600	27,5—r=3,75—3,5 / 10 — 0,6		1—6	39 44 29	3 2 1	» » »
143-2/8	8,0	750/735	127/220 220/380 500Y	55/31,8 31,8/18,4 14	»	180	48	»	6 800			1—6	36 32 42	2 2 2	2 Посл. »
144-1/8	11	750/735	127/220 220/380 500Y	78/45 45/26 19,8	394/300	160	48	0,45	6 400	12,9·10,2·24,7 / 3·0,6		1—6	51 45 38	3 3 2	2 Посл. »
144-2/8	15	750/735	127/220 220/380 500Y	103,5/59,8 59,8/34,6 26,3	»	220	48	»	6 600			1—6	36 42 42	3 2 3	2 2 Посл.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА

Тип МА-142, 143, 144

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
142-1/6	3,8	1 000/965	127/220 220/380 500Y	26,7/15,4 15,4/8,9 6,8	230/160	125	36	0,35	6 550	23,5—r=4—3,5 / 10,5—0,6	Однослойная шаблонная	1—6	40 35 46	2 1 1	Посл. » »
142-2/6	5,5	1 000/970	127/220 220/380 500Y	37,4/21,6 21,6/12,5 9,5	»	175	36	»	6 850			1—6	28 24 31	2 1 1	» » »
143-1/6	8,0	1 000/970	127/220 220/380 500Y	52,4/30,3 30,3/17,5 13,3	327/225	135	36	0,45	6 300	13,7·9,9·27,7 / 3·0,6		1—6	42 48 62	3 2 2	» » »
143-2/6	11	1 000/975	127/220 220/380 500Y	70,5/40,7 40,7/23,5 17,9	»	190	36	»	6 300			1—6	40 51 44	2 3 2	2 Посл. »
144-1/6	15	1 000/975	127/220 220/380 500Y	95,7/55,3 55,3/32 24,3	394/280	160	54	0,5	6 800	10,8·8,1·28 / 3·0,6		1—8 1—10	36 40 39	2 4 3	3 Посл. »
144-2/6	20,5	1 000/975	127/220 220/380 500Y	128/74 74/42,8 32,6	»	220	54	»	6 700			1—8 1—10	39 44 40	3 2 4	3 3 Посл.

С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,29

Завод ХЭМЗ. Харьков. 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
20	1,95/2,2	4,1	240	6,6				Короткозамкнутая								
35	1,45/1,7	4,3	240	6,4	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
45	1,25/1,5	4,4	240	6,1												
14	1,45/1,7+1,81/2,06	4,15	235	8,1												
24	1,81/2,06	3,92	235	8,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
31	1,56/1,81	4,0	235	8,1												
13	1,56/1,81	4,19	200	10,4												
22	1,45/1,7	4,2	200	10,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
29	1,81/2,06	4,1	200	10,4												
9	2,56/1,81+1,68/1,93	3,84	190	12,2												
16	1,68/1,93+1,81/2,06	3,84	190	12,6	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
21	1,45/1,7+1,56/1,81	3,93	190	12,2												
8,5	1,56/1,81+2×1,45/1,70	4,30	200	14,7												
15	1,56/1,81	4,54	200	13,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
19	1,68/1,93+1,81/2,06	4,1	200	15,1												
6	1,81/2,06	3,9	185	17,8												
10,5	1,56/1,81+1,68/1,93	4,18	185	16,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
14	1,56/1,81+2×1,68/1,93	4,1	185	17,1												

С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,30

Завод ХЭМЗ Харьков. 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$ мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
20	1,45/1,7	4,66	220	5,8				Короткозамкнутая								
35	1,56/1,81	4,65	220	5,9	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
46	1,35/1,6	4,75	220	5,8												
14	1,56/1,81+1,95/2,2	4,4	215	7,4												
24	1,95/2,2	4,18	215	7,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
31	1,68/1,93	4,28	215	7,4												
14	1,81/2,06	3,94	215	11,6												
24	1,68/1,93	3,95	215	11,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
31	1,45/1,7	4,02	215	11,0												
10	1,81/2,06	3,95	205	12,8												
17	1,68/1,93+2×1,56/1,81	3,9	205	12,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
22	1,68/1,93+1,81/2,06	3,74	205	13,1												
6	1,68/1,93+1,81/2,06	3,85	195	17,2												
10	2×1,56/1,81+2×1,68/1,93	3,87	195	16,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
13	1,56/1,81+2×1,68/1,93	3,82	195	16,4												
4,35	1,68/1,93	3,7	190	20,0												
7,35	1,56/1,81	3,84	190	19,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
10	2×1,56/1,81+2×1,68/1,93	3,94	190	18,2												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-142, 143, 144. Завод

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек	$N_{п1эфф}$
142-1/4	5,5	1 500/1 450	127/220 220/380 500 ⅄	34,8/20,1 20,1/11,6 8,8	230/150	130	36	0,4	6 300	27,5—r=3,75—3,5 / 10·0,6	Однослойная шаблонная	1—8 1—10	28 25 33	2 1 1	Посл. » »	14 25 33
142-2/4	8,0	1 500/1 450	127/220 220/380 500 ⅄	48,8/28,2 28,2/16,3 12,35	»	185	36	»	6 400	27,5—r=3,75—3,5 / 10·0,6		1—8 1—10	20 34 23	2 2 1	» » »	10 17 23
143-1/4	11,4	1 500/1 460	127/220 220/380 500 ⅄	68,8/39,8 39,8/23 17,45	327/210	135	36	0,45	6 400	13,9·10·26,9 / 3·0,6		1—8 1—10	40 51 44	2 3 2	2 пар. Посл. »	10 17 22
143-2/4	16	1 500/1 460	127/220 220/380 500 ⅄	94/54,5 54,5/31,5 24,0	»	190	36	»	6 400	13,9·10·26,9 / 3·0,6		1—8 1—10	42 48 48	3 2 3	2 пар. 2 пар. Посл.	7 12 16
144-1/4	21,5	1 500/1 460	127/220 220/380 500 ⅄	126/73 73/42,2 32	394/260	160	48	0,55	6 900	11,2·8,5·27,5 / 3·0,6		1—10 1—12	27 32 33	3 2 3	2 пар. 2 пар. Посл.	4,5 8 11
144-2/4	29	1 500/1 460	127/220 220/380 500 ⅄	168/97,5 97,5/56,2 42,7	»	220	48	»	6 700	11,2·8,5·27,5 / 3·0,6		1—10 1—12	21 36 32	3 3 2	2 пар. 2 пар. 2 пар.	3,5 6 8

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-145, 146 и 147. Завод

Тип машины	Статор													
	P, квт	$\frac{n_1}{n}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1 а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
145-1/4	40	1 500/1 470	— 220/380 500 ⅄	— 133,9/77,2 58,6	494/300	180	48	0,6	6 500	8,9×31,2	Двухслойная секционная	1—11	— 13 8	— 1 1	— 2 Посл.
145-2/4	53	1 500/1 470	— 220/380 500 ⅄	— 174,8/101 76,5	»	230	48	»	6 700	8,9×31,2		1—11	— 10 13	— 1 1	— 2 2
146-1/4	72	1 500/1 470	— 220/380 500 ⅄	— 250/145 110	560/340	220	48	0,6	7 700	9,4×35,6		1—11	— 8 11	— 1 1	— 2 2
146-2/4	95	1 500/1 475	— 220/380 500 ⅄	— 320/185 140	»	280	48	»	7 600	9,4×35,6		1—11	— 13 9	— 1 1	— 4 2
147-1/4	122	1 500/1 475	— 220/380 500 ⅄	— 390/225 171	—	—	48	»	—	—		1—11	— 12 8	— 2 1	— 2 2
147-2/4	148	1 500/1 475	— 220/380 500 ⅄	— 467/270 205	—	—	48	»	—	—		1—11	— 10 7	— 2 1	— 2 2

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ *Таблица 1,31*

ХЭМЗ. Харьков. 4-полюсные

				Ротор											
Ø гол/Ø из, мм	Δ_1', а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	Ø гол/Ø из, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
1,68/1,93 1,81/2,06 1,56/1,81	4,54 4,5 4,6	220 220 220	6,6 6,8 6,7	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
2,1/2,35 1,56/1,81 1,95/2,2	4,07 4,26 4,13	210 210 210	8,7 8,2 8,7	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
1,81/2,06 1,56/1,81 1,08/1,93	3,87 4,0 3,93	215 215 215	12,9 12,2 12,1	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
1,74/1,99 1,56/1,81+1/68/1,93 1,68/1,93+2×1,56/1,81	3,85 3,81 3,98	210 210 210	14,0 14,1 13,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
1,95/2,2 1,81/2,06 1,81/2,06	4,1 4,1 4,15	200 200 200	16,2 16,2 16,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
2,26/2,56 1,68/1,93+2×1,81/2,06 1,81/2,06+1,95/2,2	4,05 3,81 3,84	200 200 200	19,0 19,7 19,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ *Таблица 1,32*

ХЭМЗ. Харьков 4-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	Ø гол/Ø из, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	Ø гол/Ø из, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
— 6,5 8	— 5,9×1,25/6,25×1,6 5,9×2,26/6,25×2,61	— 5,32 4,45	— 255 255	— 22,7 25,2	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
— 5 6,5	— 5,9×1,68/6,25×2,03 5,9×1,25/6,25×1,6	— 5,12 5,27	— 260 260	— 25,9 24,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
— 4 5,5	— 6,4×2,44/6,75×2,79 6,4×1,95/6,75×2,3	— 4,84 4,55	— 260 260	— 33,2 36,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
— 3,25 4,5	— 6,4×1,56/6,75×1,91 6,4×2,26/6,75×2,61	— 4,61 4,86	— 265 265	— 38,2 38,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
— 3 4	— 6,4×1,81/6,75×2,16 6,4×2,83/6,75×3,18	— 4,93 4,8	— — —	— 42,5 44,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
— 2,5 3,5	— 6,4×3,26/6,75×2,61 6,4×2,28/6,75×3,63	— 4,75 4,88	— — —	— 47,5 49,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-145, 146 и 147. Завод

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_S \cdot b_S$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
145-1/6	28	1 000/970	127/220 220/380 500 λ	165/95,9 95,9/55,4 42	494/315	180	54	0,55	6 000	7,7·35	Двухслойная секционная	1—8	10 9 12	1 1 1	2 Посл. „
145-2/6	38	1 000/970	— 220/380 500 λ	— 130/75 57	„	230	54	„	6 000	7,7·35		1—8	— 7 9	— 1 1	— Посл. „
146-1/6	50	1 000/975	— 220/380 500 λ	— 168/97 74	560/370	220	54	0,6	6 300	9,4·37,2		1—8	— 6 8	— 1 1	— Посл. „
146-2/6	65	1 000/975	— 220/380 500 λ	— 215/124 94,5	„	280	54	„	6 300	9,4·37,2		1—8	— 14 6	— 1 1	— 3 Посл.
147-1/6	85	1 000/975	— 220/380 500 λ	— 280/162 123	—	—	54	0,7	—	—		1—8	— 8 10	— 1 1	— 2 2
147-2/6	106	1 000/975	— 220/380 500 λ	— 344/199 151	—	—	54	„	—	—		1—8	— 10 13	— 1 1	— 3 3

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-145, 146 и 147. Завод

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_S \cdot b_S$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
145-1/8	21	750/735	127/220 220/380 500 λ	133/77 77/44,5 33,8	494/380	180	72	0,55	5 000	7,4·33	Двухслойная секционная	1—8	10 9 11	1 1 1	2 пар. Посл. „
145-2/8	28	750/735	— 220/380 500 λ	— 104,1/60,1 45,5	„	230	72	„	5 400	7,4·33		1—8	— 13 9	— 1 1	— 2 пар. Посл.
146-1/8	37	750/735	— 220/380 500 λ	— 138/80 61	560/385	220	72	0,6	6 000	8,1·34		1—8	— 6 8	— 1 1	— Посл. „
146-2/8	50	750/740	— 220/380 500 λ	— 185/107 81,5	„	280	72	„	6 300	8,1·34		1—8	— 9 6	— 1 1	— 2 пар. Посл.
147-1/8	70	750/740	— 220/380 500 λ	— 250/145 110	—	—	72	0,7	—	—		1—8	— 7 9	— 1 1	— 2 пар. 2 пар.
147-2/8	85	750/740	— 220/380 500 λ	— 300/173 131	—	—	72	„	—	—		1—8	— 6 8	— 1 1	— 2 пар. 2 пар.

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,33

ХЭМЗ. Харьков. 6-полюсные

					Ротор											
$N_{n1эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{n2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{n2эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{ал2}$, *кг*
5	4,7×1,68/5,05×2,03	6,1	275	17,1	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
9	4,7×2,26/5,05×2,61	5,27	275	20,4												
12	4,7×1,68/5,05×2,03	5,34	275	20,4												
—	—	—	—	—												
7	4,7×3,05/5,05×3,4	5,19	290	24,0	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
9	4,7×2,26/5,05×2,61	5,34	290	22,8												
—	—	—	—	—												
6	6,4×3,53/6,75×3,88	4,3	270	34,8	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
8	6,4×2,63/6,75×2,98	4,42	270	34,2												
—	—	—	—	—												
4,68	6,4×1,56/6,75×1,91	4,15	270	40,0	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
6	6,4×3,53/6,75×3,88	4,19	270	38,8												
—	—	—		—												
4	6,4×2,63/6,75×2,98	4,72	—	39,3	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
5	6,4×2,1/6,75×2,45	4,55		38,7												
—	—	—		—												
3,33	6,4×2,1/6,75×2,45	4,95	—	42,2	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
4,34	6,4×1,56/6,75×1,91	4,96		41,8												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,34

ХЭМЗ. Харьков. 8-полюсные

					Ротор											
$N_{n1эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{n2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{n2эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{ал2}$, *кг*
5	4,4×1,68/4,75×2,03	5,2	240	21,1	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
9	4,4×2,1/4,75×2,45	4,97	240	23,3												
11	4,4×1,68/4,75×2,03	4,7	240	23,1												
—	—	—	—	—												
6,5	4,4×1,35/4,75×1,7	5,23	235	24,1	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
9	4,4×2,1/4,75×2,45	5,08	235	26,1												
—	—	—	—	—												
6	5,1×3,53/5,45×3,88	4,25	285	34,4	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
8	5,1×2,63/5,45×2,98	4,36	285	34,0												
—	—	—	—	—												
4,5	5,1×2,26/5,45×2,61	4,61	285	37,0	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
6	5,1×3,53/5,45×3,88	4,45	285	38,7												
—	—	—	—	—												
3,5	4,7×3,05/5,05×3,4	4,89	—	36,4	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
4,5	4,7×2,26/5,05×2,61	5,01	—	36,5												
—	—	—	—	—												
3	4,7×3,53/5,05×3,88	4,81	—	39,9	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
4	4,7×2,63/5,05×2,98	4,95	—	39,4												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-172. Завод ХЭМЗ.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlywedge}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
172-1/4	9,0	1 500 / 1 450	127/220 220/380 500 ⅄	55/31,7 31,7/18,3 14,0	—	—	36	0,4	—	—	Двухслойная секционная	1—8	20 18 24	1 1 1	2 Посл. »
172-2/4	4,5	1 500 / 1 450	127/220 220/380 500 ⅄	75/43,3 43,3/25 19,1	—	—	36	»	—	—		1—8	14 12 16	1 1 1	2 Посл. »
172-1/6	7,0	1 000 / 965	127/220 220/380 500 ⅄	49,5/28,6 28,6/16,5 12,6	—	—	36	»	—	—		1—6	28 24 32	1 1 1	2 Посл. »
172-1/6	9,0	1 000 / 965	127/220 220/380 500 ⅄	60/34,6 34,6/20 15,3	—	—	36	»	—	—		1—6	20 18 24	1 1 1	2 Посл. »
172-1/8	4,8	750 / 730	127/220 220/380 500 ⅄	37,5/21.6 21,6/12,5 9,6	—	—	48	»	—	—		1—6	28 24 32	1 1 1	2 Посл. »
172-2/8	6,6	750 / 730	127/220 220/380 500 ⅄	49,5/28,6 28,6/16,5 12,6	—	—	48	»	—	—		1—6	18 16 22	1 1 1	2 Посл. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-173 Завод ХЭМЗ.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlywedge}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
173-1/4	14,5	1 500 / 1 465	127/220 220/380 500 ⅄	84/48,5 48,5/28 21,4	—	—	48	0,5	—	—	Двухслойная секционная	1—11	12 10 14	1 1 1	2 Посл. »
173-2/4	19	1 500 / 1 466	127/220 220/380 500 ⅄	108/62,5 62,5/36 27,5	—	—	48	»	—	—		1—11	9 8 10	1 1 1	2 Посл. »
173-1/6	11,5	1 000 / 970	127/220 220/380 500 ⅄	70,5/40,7 40,7/23,5 17,9	—	—	54	»	—	—		1—8	16 14 18	1 1 1	2 Посл. »
173-2/6	14,5	1 000 / 970	127/220 220/380 500 ⅄	87,0/50,2 50,2/29 22,2	—	—	54	»	—	—		1—8	12 11 14	1 1 1	2 Посл. »
173-1/8	9,0	750 / 735	127/220 220/380 500 ⅄	62/35,7 35,7/20,6 15,7	—	—	72	0,45	—	—		1—8	14 12 16	1 1 1	2 Посл. »
173-2/8	11,5	750 / 735	127/220 220/380 500 ⅄	79,5/46 46/26,6 20,2	—	—	72	»	—	—		1—8	10 9 12	1 1 1	2 Посл. »

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,35

Харьков. 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing\ гол}{\varnothing\ из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	AS, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing\ гол}{\varnothing\ из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{ал2}$, *кг*
10	3,28×1,95/3,63×2,3	2,47		17,0				Короткозамкнутая								
18	3,28×2,1/3,63×2,45	2,77	—	16,0	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
24	3,20×1,56/3,83×1,91	2,76	—	16,5												
7	3,28×2,63/3,63×2,93	2,5	—	21,1												
12	3,28×3,28/3,63×3,63	2,35	—	21,7	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
16	3,28×2,44/3,63×2,79	2,45	—	21,2												
14	3,28×1,56/3,63×1,81	2,8	—	17,7												
24	3,28×1,95/3,63×2,3	2,64	—	18,4	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
32	3,28×1,35/3,63×1,7	2,96	—	16,7												
10	3,28×2,26/3,63×2,56	2,33	—	23,2												
18	3,28×2,63/3,63×2,98	2,41	—	22,4	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
24	3,28×1,95/3,63×2,3	2,42	—	22,5												
14	2,44×1,56/2,79×1,81	2,85	—	17,0												
24	2,44×1,81/2,79×2,16	2,85	—	17,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
32	2,44×1,35/2,79×1,7	3,06	—	15,9												
9	2,44×2,26/2,79×2,56	2,6	—	21,0												
16	2,44×3,05/2,79×3,4	2,32	—	22,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
22	2,44×2,1/2,79×2,45	2,57	—	21,2												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,36

Харьков. 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing\ гол}{\varnothing\ из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	AS, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing\ гол}{\varnothing\ из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{ал2}$, *кг*
6	2,44×2,83/1,79×3,18	3,5	—	18,5				Короткозамкнутая								
10	5,9×1,81/5,25×2,16	2,65	—	22,3	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
14	2,44×2,83/2,79×3,18	3,2	—	19,7												
4,5	5,9×1,81/5,25×2,16	2,9	—	22,0												
8	5,9×2,44/5,25×2,79	2,53	—	27,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
10	5,9×1,81/5,25×2,16	2,58	—	25,2												
8	2,44×2,83/2,79×3,18	2,95	—	22												
14	5,9×1,68/5,25×2,03	2,39	—	27,8	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
18	2,44×2,83/2,79×3,18	2,68	—	24,1												
6	5,90×1,68/5,25×2,03	2,5	—	28,5												
11	5,9×2,26/5,25×2,61	2,21	—	33,3	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
14	5,9×1,68/5,25×2,03	2,26	—	31,9												
7	1,95×2,83/2,3×3,18	3,25	—	19,5												
12	4,4×1,68/4,75×2,03	2,78	—	22,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
16	1,95×2,83/2,3×3,18	2,97	—	21,6												
5	4,4×1,68/4,75×2,03	3,1	—	23,0												
9	4,4×2,44/4,75×2,79	2,52	—	28,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
12	4,4×1,68/4,75×2,03	2,73	—	26,4												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-174. Завод ХЭМЗ

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
174-1/4	22,5	1 500/1 455	127/220 220/380 500λ	126/72,6 72,6/42 32	—	—	48	0,55	—	—	Двухслойная секционная	1—11	9 8 10	1 1 1	2 пар. Посл. »
174-2/4	27	1 500/1 465	127/220 220/380 500λ	150/86,5 86,5/50 38,2	—	—	48	»	—	—		1—11	8 7 9	1 1 1	2 пар. Посл. »
174-1/6	19	1 000/970	127/220 220/380 500λ	116/67,1 67,1/38,8 29,6	—	—	54	»	—	—		1—8	10 9 12	1 1 1	2 пар. Посл. »
174-2/6	22,5	1 000/970	127/220 220/380 500λ	133/77 77/44,5 33,9	—	—	54	»	—	—		1—8	9 8 10	1 1 1	2 пар. Посл. »
174-1/8	15	750/735	127/220 220/380 500λ	95/54,7 54,7/31,6 24,1	—	—	72	0,5	—	—		1—8	12 10 13	1 1 1	2 пар. Посл. »
174-2/8	18	750/735	127/220 220/380 500λ	113/65,4 65,4/37,8 28,9	—	—	72	—	—	—		1—8	9 8 10	1 1 1	2 пар. Посл. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-201, 202, 203. Завод ХЭМЗ

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
201-1/4	8,0	1 500/1 450	127/220 220/380 500λ	46,4/26,8 26,8/15,5 11,8	245/154	120	36	0,45	7 200	20,5—r=3,5—3 / 9,5—0,6	Однослойная шаблонная	1—8 1—10	26 23 29	2 1 1	Посл. » »
201-2/4	10,4	1 500/1 450	127/220 220/380 500λ	59,5/34,3 34,3/19,8 15,1	»	150	36	»	7 350	20,5—r=3,5—3 / 9,5—0,6		1—8 1—10	21 18 24	1 1 1	2 пар. Посл. »
202-1/4	13,0	1 500/1 460	127/220 220/380 500λ	75,0/43,2 43,2/25 19	295/180	115	36	»	8 200	25—r=3,2—3 / 10—0,6		1—8 1—10	21 18 24	1 1 1	2 пар. Посл. »
202-2/4	17,0	1 500/1 460	127/220 220/380 500λ	96,0/55,4 55,4/32 24,4	»	145	36	»	7 800	25—r=3,2—3 / 10—0,6		1—8 1—10	17 30 19	1 2 1	2 пар. Посл. »
203-1/4	22	1 500/1 460	127/220 220/380 500λ	125/72,5 72,5/42 31,9	327/200	132	48	0,5	8 700	28,5—r=2,65—3 / 8,7—0,6		1—10 1—12	24 20 26	2 2 2	2 пар. Посл. »
203-2/4	28,5	1 500/1 470	127/220 220/380 500λ	162/93,5 93,5/54 41	»	165	48	»	8 650	28,5—r=2,65—3 / 8,7—0,6		1—10 1—12	19 16 21	1 2 1	4 пар. Посл. 2 пар.

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ *Таблица 1,37*

Харьков. 4-, 6- и 8-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
4,5 8 10	6,4×2,44/6,75×2,79 6,4×3,28/6,75×3,64 6,4×2,44/6,75×2,79	2,33 2,03 2,08	— — —	34,0 39,0 36,2	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
4 7 9	6,4×2,83/6,75×3,18 6,4×3,8/6,75×4,15 6,4×2,83/6,75×3,18	2,38 2,08 2,13	— — —	38,0 43,3 41,3	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
5 9 12	6,4×2,26/6,75×2,61 6,4×3,05/6,75×3,4 6,4×2,26/6,75×2,61	2,3 2,02 2,1	— — —	33,0 37,5 36,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
4,5 8 10	6,4×2,63/6,75×2,98 6,4×3,53/6,75×3,83 6,4×2,63/6,75×2,98	2,27 2,0 2,02	— — —	38,5 42,9 40	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
6 10 13	5,5×1,81/5,85×2,16 5,5×2,44/5,85×2,79 5,5×1,81/5,85×2,16	2,75 2,39 2,49	— — —	32,5 37,2 35,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
4,5 8 10	5,5×2,44/5,85×2,79 5,5×3,28/5,85×3,63 5,5×2,44/5,85×2,79	2,44 2,12 2,2	— — —	39,0 44,8 41,4	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ *Таблица 1,38*

Харьков. 1, 2 и 3-й габариты, 4-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
13 23 29	1,45/1,7 1,56/1,81 1,35/1,6	8,12 8,12 8,25	265 265 265	4,2 4,3 4,16	—	—	46	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
10,5 18 24	1,68/1,93 1,81/2,06 1,56/1,81	7,72 7,71 7,9	266 266 266	5,03 5,0 4,95	—	—	„		—	1	1	„	—	—	—	—
10,5 18 24	1,81/2,06 1,95/2,2 1,68/1,93	8,4 8,39 8,56	286 286 286	5,75 5,7 5,67	—	—	„		—	1	1	„	—	—	—	—
8,5 15 19	2,02/2,32 1,56/1,81 2,2	8,7 8,38 8,15	306 306 306	6,5 6,67 6,6	—	—	„		—	1	1	„	—	—	—	—
6 10 13	1,62/1,87 1,81/2,06 1,56/1,81	8,7 8,2 8,35	320 320 320	7,5 8,1 7,82	—	—	„		—	1	1	„	—	—	—	—
4,75 8 10,5	1,88/2,13 2,1/2,4 1,81/2,06	8,4 7,8 8,0	330 330 330	8,8 9,55 9,3	—	—	„		—	1	1	„	—	—	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-201, 202, 203. Завод ХЭМЗ.

Тип машин	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
201-1/6	5,7	1 000/970	127/220 220/380 500Y	36,3/21,0 21,0/12,1 9,2	245/162	120	36	0,4	7 000	22,5—r=3,4—3 / 10,2—0,6	Однослойная шаблонная	1—6	36 31 41	2 1 1	Посл. » »
201-2/6	7,3	1 000/970	127/220 220/380 500Y	45,5/26,3 26,3/15,2 11,8	»	150	36	»	7 550	22,5—r=3,4—3 / 10,2—0,6		1—6	28 25 33	2 1 1	» » »
202-1/6	9,1	1 000/970	127/220 220/380 500Y	57/33 33/19,1 14,5	295/198	115	36	»	8 050	22,5—r=3,65—3 / 10,9—0,6		1—6	28 25 33	2 1 1	» » »
202-2/6	11,8	1 000/970	127/220 220/380 500Y	74/42,2 42,2/24,4 18,6	»	145	36	»	7 960	22,5—r=3,65—3 / 10,9—0,6		1—6	24 40 26	2 2 1	» » »
203-1/6	15,2	1 000/975	127/220 220/380 500Y	94/54,1 54,1/31,3 23,8	327/220	132	36	0,45	8 750	22—r=3,95—3 / 11,8—0,6		1—6	42 36 24	2 2 1	2 пар. Посл. »
203-2/6	19,7	1 000/975	127/220 220/380 500Y	119,5/69,2 69,2/40 30,4	»	165	36	»	8 700	22—r=3,95—3 / 11,8—0,6		1—6	34 29 38	2 1 2	2 пар. » Посл.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-202, 203. Завод ХЭМЗ.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
202-1/8	6,4	750/725	127/220 220/380 500Y	42,2/24,4 24,4/14,1 10,7	295/208	115	48	0,4	6 850	26,5—r=3,25—3 / 9,5—0,6	Однослойная шаблонная	1—6	32 28 37	2 1 1	Посл. » »
202-2/8	8,3	750/725	127/220 220/380 500Y	54/31,2 31,2/18 13,7	»	145	48	»	6 900	26,5—r=3,25—3 / 9,5—0,6		1—6	26 22 29	2 1 1	» » »
203-1/8	11	750/725	127/220 220/380 500Y	71,0/41 41/23,7 18,0	327/265	132	48	0,45	6 900	26—r=3,6—3 / 10—0,6		1—6	22 38 25	2 1 1	» 2 пар. Посл.
203-2/8	14	750/725	127/220 220/380 500Y	89,5/51,7 51,7/29,9 22,5	»	165	48	»	7 000	26—r=3,6—3 / 10—0,6		1—6	34 30 40	2 2 2	2 пар. Посл. »

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,39

Харьков. 1, 2 и 3-й габариты, 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, а	$I_{ф2}$, в	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
18 31 41	1,35/1,6 1,45/1,7 1,25/1,5	7,33 7,33 7,45	265 265 265	4,45 4,4 4,35	—	—	46	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
14 25 33	1,56/1,81 1,68/1,93 1,45/1,7	6,9 6,83 7,02	269 269 269	5,15 5,33 5,25	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
14 25 33	1,68/1,93 1,81/2,06 1,56/1,81	7,43 7,28 7,44	276 276 276	5,7 5,85 5,75	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
12 20 26	1,95/2,2 1,45/1,7 1,81/2,06	7,05 7,4 7,22	282 282 282	7,1 6,67 6,75	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
10,5 18 24	1,56/1,81 1,68/1,93 2,1/2,4	7,1 7,05 6,9	294 294 294	8,5 8,5 8,7	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
8,5 14,5 19	1,81/2,06 1,95/2,2 1,68/1,93	6,75 6,6 6,85	300 300 300	10,0 10,0 9,75	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,40

Харьков. 2 и 3-й габариты, 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал\,2}$, кг
16 28 37	1,56/1,81 1,68/1,93 1,45/1,7	6,38 6,38 6,48	290 290 290	7,3 7,45 7,28	—	—	60	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
13 22 29	1,81/2,06 1,95/2,2 1,68/1,93	6,06 6,03 6,15	290 290 290	8,7 8,56 8,42	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
11 19 25	1,95/2,2 1,45/1,7 1,81/2,06	6,85 7,5 7,0	260 260 260	8,75 8,35 8,55	—	—	72		—	1	1	»	—	—	—	—
8,5 15 20	1,56/1,81 1,68/1,93 1,45/1,7	6,75 6,73 6,8	260 260 260	9,6 9,85 9,75	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-204, 205, 206. Завод ХЭМЗ

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_2	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
204-1/6	25,5	1 000 975	127/220 220/380 500λ	154/88,7 88,7/51,3 39	394 270	135	54	0,55	9 300	24,5—r=3,15—3 9,3—0,6	Однослойная шаблонная	1—8 1—10	30 27 24	3 3 2	2 пар. Посл. »
204-2/6	32	1 000 975	127/220 220/380 500λ	188/109 109/63 48	»	165	54	»	8 950	24,5—r=3,15—3 9,3—0,6		1—8 1—10	27 24 20	3 3 2	2 пар. Посл. »
205-1/6	40	1 000 980	— 220/380 500λ	— 132/76,1 57,8	444 292	165	54	0,6	7 100	4,5·8,3·30	Двухслойная секционная	1—8	— 18 24	— 2 2	— Посл. »
205-2/6	48	1 000 980	— 220/380 500λ	— 154/89 57,5	»	195	54	»	6 700	4,5·8,3·30		1—8	— 16 20	— 2 2	— Посл. »
206-1/6	58	1 000 980	— 220/380 500λ	— 188/109 82,5	494 330	170	54	0,6	7 800	5,0·9,1·28,7		1—8	— 14 18	— 2 2	— Посл. »
206-2/6	72	1 000 980	— 220/380 500λ	— 227/131 100	»	210	54	0,6	7 400	5,0·9,1·28,7		1—8	— 24 16	— 4 2	— Посл. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-204, 205, 206. Завод ХЭМЗ.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
204-1/4	37	1 500 1 470	127/220 220/380 500λ	209/120,5 120,5/69,5 52,8	394 245	135	48	0,6	8 660	30—r=3,5—3 10,2—0,6	Однослойная шаблонная	1—10 1—12	27 32 21	3 2 1	2 пар. 2 пар. 2 пар.
204-2/4	48	1 500 1 470	127/220 220/380 500λ	261/150,3 150,3/88,5 67,2	»	165	48	»	8 730	30—r=3,5—3 10,2—0,6		1—10 1—12	24 26 34	3 2 2	2 пар. 2 пар. 2 пар.
205-1/4	60	1 500 1 465	— 220/380 500λ	— 190/110 83,5	444 265	165	48	»	7 500	4,8·8,7·28,7	Двухслойная секционная	1—11	— 14 18	— 2 2	— Посл. »
205/2/4	72	1 500 1 465	— 220/380 500λ	— 223/119 98	»	195	48	»	7 400	4,8·8,7·28,7		1—11	— 12 16	— 2 2	— Посл. »
206-1/4	85	1 500 1 470	— 220/380 500λ	— 264/153 116	494 300	170	48	0,7	8 200	5,0·9,1·27,9		1—11	— 22 14	— 2 2	— 2 пар. Посл.
206-2/4	105	1 500 1 470	— 220/380 500λ	— 327/189 144	»	210	48	»	8 100	5,0·9,1·27,9		1—11	— 18 12	— 2 2	— 2 пар. Посл.

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,41

Харьков. 4, 5 и 6-й габариты 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
5	1,56/1,81	7,7	305	11,0				Короткозамкнутая								
9	1,68/1,93	7,7	305	11,2	—	—	64		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
12	1,81/2,06	7,6	305	11,1												
4,5	1,74/1,99	7,6	307	12,5												
8,00	1,88/2,13	7,55	307	12,40	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
10	1,95/2,2	8,05	307	11,6												
—	—	—	405	—												
9	2,83×2,1/3,13×2,4	6,58	405	20,6	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
12	2,83×1,56/3,08×1,81	6,56	405	21,2												
—	—	—	420	—												
8	2,83×2,44/3,13×2,74	6,55	420	23,2	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
10	2,83×1,95/3,08×2,2	6,36	420	23,0												
—	—	—	395	—												
7	3,28×2,44/3,58×2,74	6,98	395	24,4	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
9	3,28×1,95/3,53×2,2	6,64	395	24,8												
—	—	—	410	—												
6	3,28×1,45/3,53×1,7	6,82	410	28	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
8	3,28×2,35/3,58×2,56	6,94	410	28												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,42

Харьков. 4, 5 и 6-й габариты 4-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing_{гол}}{\varnothing_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
4,5	1,81/2,06	7,8	348	12,5				Короткозамкнутая								
8	1,68/1,93	7,83	348	12,8	—	—	38		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
10,5	2,1/2,4	7,65	348	13,0												
4	2,02/2,27	8	360	14,9												
6,5	1,95/2,2	7,4	360	14,9	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
8,5	1,68/1,93	7,6	360	14,5												
—	—	—	—	—												
7	3,05×2,63/3,35×2,93	7,05	445	22,9	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
9	3,05×1,95/3,3×2,2	7,31	445	21,6												
—	—	—	—	—												
6	3,05×3,05/3,35×3,35	7,09	415	24,4	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
8	3,05×2,26/3,35×2,56	7,24	415	23,9												
—	—	—	—	—												
5,5	3,28×1,45/3,53×1,7	7,96	430	26,1	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
7	3,28×2,44/3,58×2,74	8,05	430	24,9												
—	—	—	—	—												
4,5	3,28×1,95/3,53×2,2	7,61	435	29,6	—	—	»		—	1	1	»	—	—	—	—
6	3,28×2,83/3,58×3,13	7,91	435	28,9												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МА-204, 205, 206. Завод ХЭМЗ.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s\cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1}$ эл	a_1	Соединение катушек
204-1/8	18,1	750/730	127/220 220/380 500 Y	95/54,8 54,8/37,5 28,5	394/280	135	72	0,5	8 060	33—r=2,7—3 / 8—0,6	Однослойная шаблонная	1—8 1—10	24 20 26	2 2 2	2 пар. Посл. »
204-2/8	23,5	750/730	127/220 220/380 500 Y	144/83 83/48 36,5	394/280	165	72	0,5	8 260	33—r=2,7—3 / 8—0,6		1—8 1—10	27 32 21	3 2 1	2 пар. 2 пар. 2 пар.
205-1/8	30	750/730	— 220/380 500 Y	— 104/60,2 45,7	446/320	155	72	0,6	7 000	35—r=3,75—35 / 9—0,6	Двухслойная секционная	1—8	— 18 24	— 2 2	— Посл. »
205-2/8	36	750/735	— 220/380 500 Y	— 128/71,1 54	446/320	195	72	0,6	6 200	35—r=3,75—35 / 9—0,6		1—8	— 16 20	— 2 2	— Посл. »
206-1/8	44	750/735	— 220/380 500 Y	— 147/85 64,5	494/350	170	72	0,6	7 400	4,5·8,2·27,4		1—8	— 14 18	— 2 2	— Посл. »
206-2/8	53	750/735	— 220/380 500 Y	— 177/104 77,6	494/350	210	72	0,6	6 900	4,5·8,2·27,4		1—8	— 24 16	— 2 2	— 2 пар. Посл.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МТ. Завод ХЭМЗ.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s\cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1}$ вл	a_1''	Соединение катушек
51-4	6,8	1 500/1 460	127/220 220/380 500 Y	408/23,6 23,6/13,7 10,4	242/158	132	30	0,45	6 300	11,1·20,2	Двухслойная секционная	1—7	32 28 36	2 1 1	Посл. » »
52-4	8,2	1 500/1 455	127/220 220/380 500 Y	489/28,2 28,2/16,3 12,4	242/158	160	30	0,45	6 200	11,1·20,2		1—7	28 24 32	2 1 1	Посл. » »
51-6	4,5	1 000/950	127/220 220/380 500 Y	30,8/17,8 17,8/10,3 7,8	242/174	132	45	0,4	5 700	(8,4—9,7)·18,8		1—7	32 28 36	2 1 1	Посл. » »
52-6	5,5	1 000/950	127/220 220/380 500 Y	35,4/20,4 20,4/11,8 9,0	242/174	160	45	0,4	5 600	(8,4—9,7)·18,8		1—7	28 24 32	2 1 1	Посл. » »

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,43

Харьков. 4, 5 и 6-й габариты, 8-полюсные

$N_{п\,1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\,из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п\,2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п\,2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
6	1,74/1,99	5,8	307	14,7	—	—	84	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
10	1,95/2,2	6,27	307	13,6												
13	1,68/1,93	6,43	307	13,15												
4,5	1,68/1,93	6,25	314	15,0	—	—	84		—	1	1	„	—	—	—	—
8	1,56/1,81	6,27	314	15,15												
10,5	1,95/2,2	6,1	314	15,6												
—	—	—	—	—												
9	2,44·2,1/2,74·2,4	6,14	385	22,2	—	—	84		—	1	1	„	—	—	—	—
12	2,44·1,56/2,69·1,81	6,01	385	23												
—	—	—	—	—												
8	2,44·2,44/2,74·2,74	6,24	405	24,8	—	—	84		—	1	1	„	—	—	—	—
10	2,44·1,95/2,69·2,2	6,0	405	24,4												
—	—	—	—	—												
7	2,83·2,44/3,13·2,74	6,34	390	26,5	—	—	84		—	1	1	„	—	—	—	—
9	2,83·1,81/3,08·2,06	6,6	390	24,9												
—	—	—	—	—												
6	2,83·2,83/3,13·3,13	6,54	400	29,0	—	—	84		—	1	1	„	—	—	—	—
8	2,83·2,1/3,13·2,4	6,77	400	28,0												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,44

Харьков. 5-й габарит, 4- и 6-полюсные

$N_{п\,1\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\,из}$, кг	Ротор: $U_{л\,2}$, в	$I_{ф2}$	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п\,2\,эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п\,2\,эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
16	1,56/1,81	6,17	230	5,35	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
28	1,68/1,93	6,15	230	5,45												
36	1,45/1,7	6,3	230	5,2												
14	1,68/1,93	6,35	235	5,95	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
24	1,81/2,06	6,33	235	5,9												
32	1,56/1,81	6,48	235	5,85												
16	1,35/1,6	6,2	235	5,65	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
28	1,45/1,7	6,2	235	5,67												
36	1,25/1,5	6,35	235	5,45												
14	1,45/1,7	6,18	235	6,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
24	1,56/1,81	6,17	235	6,2												
32	1,35/1,6	6,28	235	6,15												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МТ. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlyvee}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
61-4	10,5	1 500/1 455	127/220 220/380 500 λ	63/36,4 36,4/21 16	290/190	110	36	0,45	6 900	(9,9—11,9)×21,6	Однослойная шаблонная	1—10 1—8	24 42 28	2 2 1	Посл. » »
62-4	13,0	1 500/1 465	127/220 220/380 500 λ	78/45 45/26 19,8	290/190	132	36	0,45	7 200	(9,9—11,9)×21,6		1—10 1—8	30 34 44	3 2 2	Посл. » »
61-6	7,5	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	50,5/29,2 29,2/16,9 12,8	290/208	110	36	0,45	6 800	(11,3—13,3)×21,6		1—6	32 29 37	2 1 1	Посл. » »
62-6	10	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	67/38,6 38,6/22,3 17,1	290/208	132	36	0,45	7 000	(11,3—13,3)×21,6		1—6	28 48 31	2 2 1	Посл. » »
61-8	5,2	750/710	127/220 220/380 500 λ	37/21,4 21,4/12,4 9,5	290/216	110	48	0,4	6 400	(8,6—10—8)×21,6		1—6	34 30 39	2 1 1	Посл. » »
62-8	7,1	750/710	127/220 220/380 500 λ	47,5/27,3 27,3/15,8 12	290/216	132	48	0,45	6 400	(8,6—10—8)×21,6		1—6	28 25 33	2 1 1	Посл. » »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МТ. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\curlyvee}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_i}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм²*	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
71-4	18	1 500/1 465	127/220 220/380 500 λ	105/60,8 60,8/35 26,8	335/220	132	36	0,5	7 000	(11,8—13,8)·22	Однослойная шаблонная	1—10 1—8	34 30 40	2 2 2	2 пар. Посл. »
72-4	22,5	1 500/1 465	127/220 220/380 500 λ	130/75 75/43,3 33	335/220	165	36	0,55	7 100	(11,8—13,8)·22		1—10 1—8	28 36 32	2 3 2	2 пар. Посл. »
71-6	14,0	1 000/960	127/220 220/380 500 △	88/51 51/29,3 22,3	335/240	132	54	0,45	6 900	(8,7—10,2)·24,1		1—10 1—8	24 28 32	3 2 1	Посл. » »
72-6	18,0	1 000/960	127/220 220/380 500 △	112,5/65 65/37,5 28,5	335/240	165	54	0,5	7 100	(8,7—10,2)·24,1		1—10 1—8	26 33 25	2 3 1	2 пар. Посл. »
71-8	10,0	750/715	127/220 220/380 500 λ	66/38 38/22 16,8	335/250	132	48	0,45	6 600	(9,5—12,1)·25,0		1—6	36 42 28	3 2 1	Посл. » »
72-8	13,0	750/715	127/220 220/380 500 λ	84/48,5 48,5/28,0 21,4	335/250	165	48	0,45	6 900	(9,5—12,1)·25,0		1—6	38 33 43	2 1 1	2 пар. 2 » 2 »

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1, 45

6-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, кг	$I_{ф2}$, а	$z_э$	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	$a_э$	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
12	1,95/2,2	6,07	265	7,7				Короткозамкнутая								
21	1,68/1,97+1,25/1,5	6,07	265	5+2,8	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
28	1,81/2,06	6,2	265	7,7												
10	1,81/2,06	5,82	265	8,9												
17	1,68/1,93	5,85	265	8,7	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
22	1,45/1,7	6,0	265	8,32												
16	1,81/2,06	5,67	270	7,7												
29	1,95/2,2	5,69	270	7,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
37	1,68/1,93	5,75	270	7,5												
14	1,95/2,2	6,1	295	8,35												
24	1,45/1,7	6,3	295	7,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
31	1,81/2,06	6,25	295	7,9												
17	1,68/1,93+1,45/1,7	5,52	265	7,92												
30	1,68/1,93	5,6	265	8,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
39	1,45/1,7	5,75	265	7,8												
14	1,68/1,93	5,88	280	8,1												
25	1,81/2,06	5,9	280	8,4	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
33	1,56/1,81	6,0	280	8,2												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,46

7-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	$z_э$	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	$a_э$	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
8,5	1,81/2,06	5,9	275	11,0				Короткозамкнутая								
15	1,95/2,2	5,85	275	11,5	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
20	1,68/1,93	6,02	275	11,4												
7	2,1/2,4	5,4	270	13,4												
12	1,81/2,06	5,6	270	12,95	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
16	1,95/2,2	5,52	270	13,3												
8	1,95/2,2	5,7	295	12,2												
14	1,81/2,06	5,7	295	12,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
32	1,68/1,93	5,83	295	12,1												
6,5	1,88/2,13	5,9	295	13												
11	1,68/1,93+1,56/1,81	5,9	295	13	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
25	1,95/2,2	5,5	295	13,9												
12	1,68/1,93	5,6	280	11,4												
21	1,56/1,81	5,75	280	11,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
28	1,95/2,2	5,6	280	11,7												
9,5	1,68/1,93	5,48	280	13,0												
16,5	1,81/2,06	5,44	280	13,1	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
21,5	1,56/1,81	5,6	280	12,7												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МТ. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S\cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_i, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{1пэл}$	a_1	Соединение катушек
81-4	30,0	1 500/1 450	127/220 220/380 500 Y	162/93,6 93,6/54,2 41,3	385/250	140	48	0,6	7 000	(9,1—12,3)×28,9	Однослойная шаблонная	1—12	33 38 50	3 2 2	2 2 2
82-4	37,5	1 500/1 450	127/220 220/380 500 Y	200/116 116/67 51	385/250	175	48	0,6	7 100	(9,1—12,3)×28,9		1—12	27 45 40	3 3 4	2 2 Посл.
81-6	22,5	1 000/950	127/220 220/380 500 Y	131/76,3 76,3/44,1 33,6	385/270	140	54	0,55	7 600	(8,2—11,2)×29,3		1—10	36 32 42	2 1 1	3 3 3
82-6	28	1 000/950	127/220 220/380 500 Y	154/89 89/51,4 39	385/270	175	54	0,55	7 200	(8,2—11,2)×29,3		1—10	32 28 24	2 1 2	3 3 Посл.
81-8	17,0	750/730	127/220 220/380 500 Y	108/62,5 62,5/36,1 27,5	385/280	140	72	0,55	7 500	(6,7—8,5)×31,3		1—10	24 21 28	2 1 1	2 2 2
82-8	21,0	750/730	127/220 220/380 500 Y	131/75,6 75,6/43,7 33,2	385/280	175	72	0,55	7 400	(6,7—8,5)×31,3		1—10	20 35 23	2 1 1	2 4 2

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип Т. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S\cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_i, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1 500-6,8	6,8	1 500/1 445	120/215 220/380 500 Y	45,5/25,4 24,5/14,2 10,8	242/158	160	30	0,4	6 200	11,1 · 19,5	Двухслойная секционная	1—7	24 24 32	1 1 1	2 пар. Посл. »
1 500-10	10	1 500/1 445	120/215 220/380 500 Y	66/36,5 35,5/20,5 15,6	290/190	132	36	0,5	6 900	$\frac{10}{12}\cdot21,5$	Катушечная	—	38 36 24	2 1 1	2 пар. 2 » Посл.
1 500-14,5	14,5	1 500/1 450	120/215 220/380 500 Y	94/52 51/29,5 22,3	290/190	205+1·10	36	0,5	6 300	$\frac{10}{12}\cdot21,5$		—	26 25 32	2 1 1	2 пар. 2 » 2 »
1 500-20,5	20,5	1 500/1 450	120/215 220/380 500 Y	126/70 69,5/40,2 30,5	335/220	165	36	0,6	7 200	$\frac{12}{14}\cdot22$		—	39 48 32	3 2 2	2 пар. 2 » Посл.
1 500-29	29	1 500/1 455	120/215 220/380 500 Y	180/100 97/56 42,5	335/220	245+2·10	36	0,6	6 600	$\frac{12}{14}\cdot22$		—	27 34 44	3 2 2	2 пар. 2 » 2 »

[1] Данные относятся к ротору в короткозамкнутом выполнении.

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ, ЗАЛИТЫМ АЛЮМИНИЕМ

Таблица 1,47

8-й габарит 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\ из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{ал2}$, кг
5,5 9,5 12,5	2,02/2,87 1,95/2,2+1,81/2,06 1,68/1,93+1,45/1,7	5,0 4,86 5,34	— 315 315	19,4 20,1 18,4	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
4,5 7,5 10	2,26/2,51 1,68/1,93 1,81/2,06	4,85 5,01 4,95	310 310 310	22 20,6 21,2	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
6 10,6 14	1,81/2,06 1,95/2,2 1,68/1,93	5,0 5,0 5,1	300 300 300	19,9 19,9 19,6	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
5,35 9,3 12	1,95/2,2 2,1/2,4 2,26/2,56	5,0 5,0 4,9	300 300 300	21,8 21,8 22,1	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
6 10,5 14	1,95/2,2 2,1/2,4 1,81/2,06	5,2 5,2 5,3	315 315 315	18,7 18,7 18,5	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
5,0 8,75 11,5	2,1/2,4 1,65/1,90 2,0/2,25	5,5 5,2 5,3	315 315 315	20,5 21,5 21,2	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1 48

2 и 3-й габариты, 4-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1\ из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2\ из}$, кг
12 24 32	1,95/2,20 1,95/2,20 1,68/1,93	4,3 4,75 4,9	245 245 245	6,3 6,8 6,8	185	24,3	36 36[1]	Катушечная	λ	20		Посл.	10	1,56/1,81 3,8 × 9,3[1]	6,35	3,8 2,3*
9,5 18 24	1,56/1,81 1,56/1,81 1,95/2,20	4,75 5,3 5,25	225 225 225	9,8 9,6 9,6	133	48	48 46[1]		λ	5	1	Посл.	5	3,05/3,35 3,8 × 10,8[1]	6,6	5,0 3,0*
6,5 12,5 16	1,95/2,20 1,95/2,20 1,68/1,93	4,37 4,95 5,0	225 225 225	12,3 12,2 11,5	198	45,5	48 46[1]		λ	5	1	Посл.	5	3,05/3,35 3,8 × 10,8[1]	6,2	6,4 4,4*
6,5 12 16	1,81/2,06 1,56/1,81 1,95/2,20	4,55 5,25 5,1	250 250 250	17,5 16,8 16,5	200	64,5	48 46[1]		λ	5	1	Посл.	5	3,63/3,93 4,4 × 12,5[1]	6,4	8,05 5,2*
4,5 8,5 11	2,1/2,4 1,81/2,06 1,68/1,93	4,85 5,45 4,8	245 245 245	18,5 18 20	290	62	48 46[1]		λ	5	1	Посл.	5	3,63/3,93 4,4 × 12,5[1]	6,1	10,3 7,5*

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип Т. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, квт	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1 500-40	40	1 500/1 460	120/215 220/380 500λ	242/134 131/76 57,8	395/260	192+1·10	36	0,7	7 000	12,8/15,8·25,8	Катушечная	—	15 18—16—18 22—24—22	3 2 2	Посл. » »
1 500-55	55	1 500/1 460	120/215 220/380 500λ	330/183 179/103 78	395/260	285+3·10	36	0,7	6 700	12,8/15,8·25,8		—	18 18 16	3 3 2	2 пар. Посл. »
1 500-75	75	1 500/1 465	120/215 220/380 500λ	442/247 242/140 106	265/305	240+2·10	48	0,8	6 500	12,3·28,7		—	4—5—5—5 4—5—5—5 6	1 1 1	2 пар. Посл. »
1 500-100	100	1 500/1 465	120/215 220/380 500λ	585/326 318/184 140	465/305	330+4·10	48	0,8	6 300	12,3·28,7		—	4—3—4—3 3—4—4—3 18	1 1 2	2 пар. Посл. 2 пар

* Данные относятся к ротору в короткозамкнутом выполнении

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип Т. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1000-4,5	4,5	1 000/955	127/220 220/380 500λ	31,2/18 18/10,4 7,9	242/174	160	45	0,35	5 200	8,4/9,7·18,3	Двухслойная секционная	1—7	44 26 34	1 1 1	3 Посл. »
1000-6,8	6,8	1 000/955	127/220 220/380 500λ	45/26 26/15 11,5	290/208	132	36	0,45	6 300	11,4/13,4·21,2	Катушечная	—	32 27 35	2 1 1	» » »
1000-10	10	1 000/960	127/220 220/380 500λ	65/37,5 37,5/21,7 16,5	290/208	205+1×10	36	0,45	5 700	11,4/13,4·21,2		—	22 19 25	2 1 1	» » »
1000-14,5	14,5	1 000/960	127/220 220/380 500λ	90,8/52,5 52,5/30,3 23	335/240	165	54	0,55	6 600	8,4/9,9·23,8		—	21 24 32	1 2 2	3 Посл. »
1000-20,5	20,5	1 000/965	127/220 220/380 500λ	125/72 72/41,7 31,7	335/240	245+2×10	54	0,55	5 950	8,4/9,9·23,8		—	30 27—24—27 22—24—22	2 3 2	3 Посл. »

* Данные относятся к ротору в короткозамкнутом выполнении

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

4 и 5-й габариты, 4-полюсные

Таблица 1,49

					Ротор											
$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS, а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2из}$, *кг*
5 8,7 11,3	3,53/3,83 3,05/3,35 2,83/3,13	4,57 5,25 4,65	280 280 280	25 24,9 27,8	170	145	48	Катушечная	λ	6	2	Посл.	3	3,83/4,13	6,45	13,0
3 6 8	3,05/3,35 3,05/3,35 3,28/3,58	4,15 4,7 4,6	275 275 275	30,5 30,5 31,3	240	140	48		λ	6	2	»	3	3,83/4,13	6,2	16,3
2,37 4,75 6	4,2*×8,3 4,2*×8,3 3,8 ×7,6*	3,55 4,0 3,7	330 330 330	41,6 41,6 45	200	227	60	Стержневая (волн.)	λ	2	1	»	2	3,25×10,8*	6,4	24
1,75 3,5 4,5	4,2×8,3* 5,6×8,5* 3,05/3,35	4,7 3,9 4,8	320 320 320	47,5 47,5 48	270	225	60/58 *		λ	2	1	»	2	3,28*×10,8 / 4,4×12,5*	6,35	28/16,7 *

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

1, 2, 3-й габариты, 6-полюсные

Таблица 1,50

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS, а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2из}$, *кг*
14,7 26 34	1,16/1,41 1,56/1,81 1,35/1,6	5,68 5,45 5,55	225 225 225	6,5 6,7 6,6	130	26	36/48*	Катушечная	λ	22	2	Посл.	11	1,56/1,81 / 3,8×8,0*	6,8	3,9/2,9*
16 27 35	1,81/2,06 1,95/2,2 1,68/1,93	5,05 5,0 5,2	225 225 225	9,35 9,45 9,05	105	46	54/45*		λ	5	1	»	5	3,28/3,58 / 4,4×10,8*	5,45	5,8/3,6*
11 19 25	2,26/2,51 2,44/2,74 2,1/2,4	4,68 4,7 4,75	230 230 230	12,8 12,8 12,5	150	46,7	54/45*		λ	5	1	»	5	3,28/3,58 / 4,4×10,8*	5,5	7,6/5,3*
7 12 16	2,1/2,4 1,95/2,2 1,68/1,93	5,05 5,1 5,2	260 260 260	15,2 15,0 15,5	210	47,5	72/51*		λ	5	1	»	5	3,1/3,4 / 2,44×19,5*	6,3	8,3/6,0*
5 8,66 11,3	1,81/2,06 1,95/2,2 2,1/2,4	4,66 4,7 4,6	260 260 260	20,8 20,8 21,0	290	47	72/51*		λ	5	1	»	5	3,1×3,4 / 2,44×19,5*	6,2	10,8/8,2*

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗ

Тип. Т. Завод „ХЭМЗ". Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1000-29	29	1 000/965	127/220 220/380 500⅄	173/100 100/58 44	395/285	195+1·10	54	0,6	6 600	$\frac{9,6}{12}$·26,5	Катушечная	—	30 16—18—16 22	2 2 2	3 пар Посл. *
1000-40	40	1 000/965	127/220 220/380 500⅄	234/135 135/78,1 59,5	395/285	285+3·10	54	0,6	6 150	$\frac{9,6}{12}$·26,5		—	22—20—22 18 16	2 3 2	3 пар Посл. *
1000-55	55	1 000/970	127/220 220/380 500⅄	322/186 186/107 81,5	465/332	240+2·10	54	0,7	6 300	11,8·29,5		—	6—8—6 6 8—7—8	2 1 1	* * *
1000-75	75	1 000/970	127/220 220/380 500⅄	438/253 253/146 111	465/332	330+4·10	54	0,7	6 250	11,8·29,5		—	4—6—4 4—5—4 6—5—6	2 1 1	* * *

* Данные относятся к ротору в короткозамкнутом выполнении

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗ

Тип Т. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{⅄}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
750-4,5	4,5	750/715	127/220 220/380 500⅄	33/19 19/11 8,4	290/216	132	48	0,45	5 500	$\frac{8,7}{10,9}$·21,5	Катушечная	—	35 30 39	1 1 1	2 пар. Посл. *
750-6,8	6,8	750/715	127/220 220/380 500⅄	48/27,8 27,8/16 12,2	290/216	215	48	0,45	5 350	$\frac{8,7}{10,9}$·21,5		—	22 38 25	2 2 1	* * *
750-10	10	750/720	127/220 220/380 500⅄	65,7/38 38/22 16,8	335/250	165	48	0,5	6 350	$\frac{10,2}{11,7}$·23,3		—	21 36 24	1 2 1	2 пар. Посл. *
750-14,5	14,5	750/720	127/220 220/380 500⅄	92,5/53,5 53,5/31 23,5	335/250	245+2·10	48	0,5	5 700	$\frac{10,2}{11,7}$·23,3		—	15 26 34	1 2 2	2 пар. Посл. *

* Данные относятся к ротору в короткозамкнутом выполнении

НОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ И ФАЗНЫМ РОТОРАМИ

Таблица 1,51

4 и 5-й габариты, 6-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, мм	$Δ_1$, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, мм	$Δ_2$, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
5 8,34 11	2,1/2,4 2,83/3,13 2,44/2,74	4,81 4,65 4,7	290 290 290	25,5 26,3 25,7	485	39,3	72 51*	Катушечная	⅄	8	1	Посл.	8	2,83/3,13 2,83×22,6*	6,35	13,1 13,3*
3,56 6 8	2,44/2,74 2,63/2,93 2,83/3,13	4,84 4,85 4,8	280 280 280	30 30 30,6	340	78	72	Катушечная	⅄	8	2	»	4	2,83/3,13	6,3	16,8
3,34 6 7,66	4,2×5,6 3,8×7,6 3,7×5,6	3,95 3,7 3,95	330 330 330	38 42,5 38,5	170	209	72	Стержневая (волн.)	⅄	2	1	»	2	2,83×12,5	5,9	25
2,34 4,34 5,66	4,2×7,6 4,2×8,3 3,8×7,6	3,96 4,2 3,85	330 330 330	43,5 42,6 47,7	234	214	72	Стержневая (волн.)	⅄	2	1	»	2	2,83×12,5	6,0	30

НОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ И ФАЗНЫМ РОТОРАМИ

Таблица 1,52

2 и 3 габариты, 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, мм	$Δ_1$, а/мм²	$G_{м1из}$, кг	AS, а/см	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø гол}{Ø из}$, мм	$Δ_2$, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
17,5 30 39	1,56/1,81 1,68/1,93 1,45/1,7	5 5 5,1	9,1 9 8,9	235 235 235	92	37	72 65*	Катушечная	⅄	5	1	Посл.	5	2,83/3,13 3,8×8,0*	5,9	5,55 3,4*
11 19 25	1,95/2,2 1,45/1,7 1,81/2,06	4,67 4,85 4,75	11,2 10,8 11	215 215 215	148	34,5	72 65*	Катушечная	⅄	5	1	»	5	2,33/3,13 3,8×8,0*	5,5	7,25 4,85*
10,5 18 24	2,26/2,56 1,81/2,06 2,1/2,4	4,74 4,3 4,85	14,4 15,5 14	240 240 240	158	45,5	72 61*	Катушечная	⅄	5	1	»	5	3,3/3,6 3,8×12,5*	5,35	8,9 5,75*
7,5 13 17	2,83/3,13 2,1/2,4 1,81/2,06	4,27 4,5 4,55	20,7 19,7 19,2	245 245 245	220	46	72 61*	Катушечная	⅄	5	1	»	5	3,3/3,6 3,8×12,5*	5,4	11,8 8,1*

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГА

Тип Т. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{λ}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
750-20,5	20,5	$\frac{750}{720}$	127/220 220/380 500λ	128/74 74/42,8 32,5	$\frac{395}{300}$	205	48	0,6	5 900	$\frac{11,2}{13,7}\cdot 24,8$	Катушечная	—	15 13 17	1 1 1	2 пар. Посл. »
750-29	29	$\frac{750}{720}$	127/220 220/380 500λ	176/5/102 102/59 44,8	$\frac{395}{300}$	295+2×10	48	0,6	5 900	$\frac{11,2}{13,7}\cdot 24,8$	Катушечная	—	20 17—18 11—12	1 1 1	4 пар. 2 пар. Посл.
750-40	40	$\frac{750}{725}$	127/220 220/380 500λ	239/138 138/79,8 60,5	$\frac{465}{354}$	240+2×10	72	0,7	5 950	$\frac{9,2}{11,2}\cdot 30,2$	Катушечная	—	14 12 14—16—14	1 2 2	4 пар. Посл. »
750-55	55	$\frac{750}{725}$	127/220 220/380 500λ	325/188 188/108 82,5	$\frac{465}{354}$	330+4×10	72	0,7	5 850	$\frac{9,2}{11,2}\cdot 30,2$	Катушечная	—	10 8—10—8 12—10—12	1 2 2	4 пар. Посл. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГА

Тип УТ. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{λ}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1500-6,8	6,8	$\frac{1\,500}{1\,450}$	127/220 220/380 500λ	45,5/26,4 26,4/15,3 11,6	$\frac{290}{190}$	132	36	0,5	6 800	$\frac{10}{12}\cdot 21,5$	Катушечная	—	11—10—11 18 24	1 1 1	Посл. » »
1500-10	10	$\frac{1\,500}{1\,450}$	127/220 220/380 500λ	65,2/37,7 37,7/21,8 16,6	$\frac{290}{190}$	215	36	0,5	6 450	$\frac{10}{12}\cdot 21,5$	Катушечная	—	14 12 16	2 1 1	» » »
1000-4,5	4,5	$\frac{1\,000}{945}$	127/220 220/380 500λ	34/19,7 19,7/11,4 8,65	$\frac{290}{208}$	132	36	0,5	6 200	$\frac{11,4}{13,4}\cdot 21,2$	Катушечная	—	16—15—16 27 35	1 1 1	» » »
1000-6,8	6,8	$\frac{1\,000}{945}$	127/220 220/380 500λ	47,4/27,3 27,3/15,8 12,2	$\frac{290}{208}$	215	36	0,5	5 600	$\frac{11,4}{13,4}\cdot 21,2$	Катушечная	—	11 19 25	1 1 1	» » »
750-2,85	2,85	$\frac{750}{710}$	127/220 220/380 500λ	22,6/13,1 13,1/7,85 5,8	$\frac{290}{216}$	132	48	0,5	5 400	$\frac{8,7}{10,9}\cdot 21,5$	Катушечная	—	18—16—18 30 39	1 1 1	» » »
750-4,5	4,5	$\frac{750}{710}$	127/220 220/380 500λ	33,9/19,6 19,6/11,3 8,6	$\frac{290}{216}$	215	48	0,5	5 400	$\frac{8,7}{10,9}\cdot 21,5$	Катушечная	—	11 19 25	1 1 1	» » »

ТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,53

4-й и 5-й габариты 8-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
7,5 13 17	3,05/3,35 3,28/3,58 2,83/3,13	5,05 5,1 5,1	285 285 285	22,5 22,3 21,7	220	67	72	Катушечная	λ	5	1	Посл.	5	3,53/3,83	6,85	12
5 8,75 11,5	2,63/2,93 2,83/3,13 3,53/3,83	4,7 4,7 4,6	260 260 260	28 27,6 28,3	325	58,5	72	Катушечная	λ	5	1	»	5	3,53/3,83	6,0	17
3,5 6 7,66	3,05/3,35 3,28/3,58 2,83/3,13	4,72 4,7 4,9	310 310 310	36 36 34,5	168	153	96	Стержневая (волн.)	λ	2	1	»	2	2,44×10,8	5,8	21
2,5 4,34 5,66	3,53/3,83 3,8/4,1 3,28/3,58	4,8 4,8 4,9	300 300 300	42,3 42,3 41,2	234	155	96	Стержневая (волн.)	λ	2	1	»	2	2,44×10,8	5,9	26

25 11,5

ТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,54

1-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing пз}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
10,3 18 24	3,28/3,68 2,44/2,74 2,1/2,4	3,14 3,28 3,37	165 165 165	12 11,3 11,2	133	32,4	48	Катушечная	λ	5	1	Посл.	5	3,05/3,45	4,44	5
7 12 16	2,63/2,93 2,83/3,13 2,44/2,74	3,47 3,47 3,55	160 160 160	12,2 12,2 12,1	202	31,2	48	Катушечная	λ	5	1	»	5	3,05/3,45	4,28	6,35
15,6 27 35	2,83/3,13 2,1/2,4 1,81/2,11	3,15 3,43 3,36	170 170 170	11,4 10,9 10,5	101	29	54	Катушечная	λ	5	1	»	5	3,28/3,68	3,42	5,8
11 19 25	3,28/3,68 2,44/2,74 2,26/2,56	3,24 3,38 3,0	165 165 165	13 12,8 14,4	142	30,5	54	Катушечная	λ	5	1	»	5	3,28/3,68	3,52	7,6
17,3 30 39	2,26/2,56 1,68/1,93 1,45/1,7	3,30 3,42 3,51	165 165 165	9,7 9,0 8,7	92	19,5	72	Катушечная	λ	5	1	»	5	2,83/3,13	3,11	5,55
11 19 25	2,83/3,13 2,1/2,4 1,81/2,11	3,1 3,26 3,35	150 150 150	12 11,3 11	144	20	72	Катушечная	λ	5	1	»	5	2,83/3,13	3,19	7,3

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГА

Тип УТ. Завод ХЭМЗ Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_S\cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1500-14,5	14,5	$\frac{1\,500}{1\,455}$	127/220 220/380 500 λ	91/52,5 52,5/30,3 23,1	$\frac{335}{220}$	180	36	0,6	7 000	$\frac{12}{14}\cdot 22$	Катушечная	—	14—12—14 12—11—12 30	2 1 2	Посл. „ „
1500-20,5	20,5	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500 λ	128/74 74/42,8 32,5	$\frac{335}{220}$	265	36	0,6	6 800	$\frac{12}{14}\cdot 22$		—	10—8—10 16 10—11—10	2 2 1	„ „ „
1000-10	10	$\frac{1\,000}{950}$	127/220 220/380 500 λ	67/38,7 38,7/22,4 17	$\frac{335}{240}$	180	54	0,6	6 400	$\frac{8,4}{9,9}\cdot 23,8$		—	14—12—14 12—11—12 15	2 1 1	„ „ „
1000-14,5	14,5	$\frac{1\,000}{950}$	127/220 220/380 500 λ	93,5/54,2 54,2/31,4 23,8	$\frac{335}{240}$	265	54	0,6	6 200	$\frac{8,4}{9,9}\cdot 23,8$		—	10—8—10 8 10—11—10	2 1 1	„ „ „
750-6,8	6,8	$\frac{750}{715}$	127/220 220/380 500 λ	49,2/28,5 28,5/16,5 12,5	$\frac{335}{250}$	180	48	0,6	6 100	$\frac{10,2}{11,7}\cdot 23,3$		—	10 17 23	1 1 1	„ „ „
	10	$\frac{750}{720}$	127/220 220/380 500 λ	70,5/40,8 40,8/23,6 17,9	$\frac{335}{250}$	265	48	0,6	6 000	$\frac{10,2}{11,7}\cdot 23,3$		—	14 12 16	2 1 1	„ „ „

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГА

Тип УТ. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_S\cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1500-29	29	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500 λ	180/104 104/59,8 45,5	$\frac{395}{260}$	215	36	0,6	7 600	$\frac{12,8}{15,8}\cdot 25,8$	Катушечная	—	16—18—16 21—24—21 20—18—20	2 3 2	2 Посл. „
1500-40	40	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500 λ	246/142 142/82 62	$\frac{395}{260}$	315	36	0,6	7 800	$\frac{12,8}{15,8}\cdot 25,8$		—	18—16—18 15 14—12—14	3 3 2	2 Посл. „
1000-20,5	20,5	$\frac{1\,000}{960}$	127/220 220/380 500 λ	132/76,6 76,6/44,3 33,6	$\frac{395}{285}$	215	54	0,6	7 300	$\frac{9,6}{12}\cdot 26,5$		—	12 14 18—20—18	3 2 2	„ „ „
1000-29	29	$\frac{1\,000}{960}$	127/220 220/380 500 λ	186/107 107/62 47,1	$\frac{395}{285}$	315	54	0,6	7 000	$\frac{9,6}{12}\cdot 26,5$		—	12 10 14—12—14	4 2 2	„ „ „
750-14,5	14,5	$\frac{750}{720}$	127/220 220/380 500 λ	100/58 58/33,5 25,4	$\frac{395}{300}$	215	48	0,6	6 400	$\frac{11,2}{13,7}\cdot 24,8$		—	14—12 11—12 15	2 1 1	„ „ „
750-20,5	20,5	$\frac{750}{720}$	127/220 220/380 500 λ	141/82 82/47,5 36	$\frac{395}{300}$	315	48	0,6	6 300	$\frac{11,2}{13,7}\cdot 24,8$		—	15—12 16 20—22	3 2 2	„ „ „

ТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,55

2-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$ мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
6,6 11,3 15	3,05/3,45 3,28/3,68 2,12/2,42	3,5 3,58 3,33	175 175 175	17,4 16,8 17,8	211	42,5	48	Катушечная	λ	5	1	Посл.	5	3.53/3,93	4,35	6
4,66 8 10,3	3,53/3,93 2,63/2,93 3,28/3,68	3,8 3,96 3,85	175 175 175	17,1 17,2 17,3	304	42	48		λ	5	1	»	5	3,53/3,93	4,3	9,8
6,6 11,3 15	2,63/2,93 2,83/3,13 2,63/2,93	3,56 3,56 3,13	165 165 165	15,9 15,9 17,6	211	29,5	72		λ	5	1	»	5	3,05/3,45	4,05	8,4
4,66 8 10,3	3,05/3,45 3,28/3,68 3,05/3,45	3,7 3,72 3,26	175 175 175	17,5 17,5 19,5	304	29,5	72		λ	5	1	»	5	3,05/3,45	4,05	10,4
10 17 23	3,28/3,68 2,63/2,93 2,25/2,55	3,35 3,05 3,13	170 170 170	15,8 16,1 16,1	161	26,6	72		λ	5	1	»	5	3,28/3,68	3,15	9,1
7 12 16	2,83/3,13 3,05/3,45 2,83/3,13	3,2 3,22 2,85	170 170 170	18,7 18,5 21,4	228	27,5	72		λ	5	1	»	5	3,28/3,68	3,25	11,5

ТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,56

3-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
4,20 7,35 9,7	3,28/3,68 2,83/3,13 3,05/3,45	3,05 3,17 3,12	190	28 27,5 28	132	135	48	Стержневая (волновая)	λ	2	1	Посл.	2	3,5×10	4,0	14,7
2,9 5 6,6	3,28/3,68 3,53/3,93 3,53/3,93	2,8 2,8 3,17	180	34 34 30,2	192	128	48		λ	2	1	»	2	3,5×10	3,8	17,9
4 7 9,35	3,28/3,68 3,05/3,45 2,63/2,93	3,1 3,02 3,1	185	26 26,3 26	316	40,5	72	Катушечная	△	8	1	»	8	2,83/3,13	3,78	13,5
3 5 6,7	3,28/3,68 3,53/3,93 3,05/3,45	3,3 3,16 3,21	185	28 30 29,9	221	81	72		△	8	2	»	4	2,83/3,13	3,74	16,8
6,5 11,5 15	3,28/3,68 3,53/3,93 3,05/3,45	3,41 3,42 3,48	195	24 23,8 22,8	239	37,5	72		λ	5	1	»	5	3,53/3,93	3,72	12,0
4,5 8 10,5	3,28/3,68 3,05/3,45 2,63/2,93	3,2 3,25 3,62	190	30 29,5 28,7	343	37,5	72		λ	5	1	»	5	3,53/3,93	3,72	15,6

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГА

Тип УТ. Завод ХЭМЗ. Харьков.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{пэ1л}$	a_1	Соединение катушек
1500-55	55	1 500/1 465	127/220 220/380 500 Y	322/186 186/107 81,5	465/305	280	48	0,7	6 900	12,3·28,7	Катушечная	—	4—4—4—6 4 15—15—12—15	2 1 3	Посл. " "
1500-75	75	1 500/1 465	127/220 220/380 500 Y	435/252 252/146 111	465/305	390	48	0,7	7 100	12,3·28,7		—	2—4—4—4 6—4—6—6 3—4—4—4	2 2 1	" " "
1000-40	40	1 000/965	127/220 220/380 500 Y	242/140 140/81 61,5	465/332	280	54	0,7	6 900	11,8·29,5		—	6 5 21	2 1 3	" " "
1000-55	55	1 000/965	127/220 220/380 500 Y	328/192 192/111 84,2	465/332	390	54	0,7	6 800	11,8·29,5		—	4—6—4 3—4—4 5	2 1 1	" " "
750-29	29	750/725	127/220 220/380 500 Y	182/105 105/61 46,3	465/354	280	72	0,7	6 400	$\frac{9,2}{11,2}$·30,2		—	12 10 21	4 2 3	" " "
750-40	40	750/725	127/220 220/380 500 Y	250/145 145/83,5 63,5	465/354	390	72	0,7	6 400	$\frac{9,2}{11,2}$·30,2		—	4—6—4 12—16—16 10	2 4 2	" " "

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_s}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_δ, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
1/6	0,4	1 000/940	127/220 220/380 500 Y	3,0/1,73 1,73/1,0 0,76	195/125	70	36	0,25	4 850	$\frac{6,9}{9,9}$·20,5	Двухслойная секционная	1—6	62 108 142	1 1 1	Посл. " "
2/6Б	0,55	1 000/940	127/220 220/380 500 Y	4,03/2,33 2,33/1,35 1,035	"	"	"	"	5 500	$\frac{6,9}{9,9}$·20,5		"	56 96 126	1 1 1	" " "
2/6	0,55	1 000/940	127/220 220/380 500 Y	4,01/2,32 2,32/1,34 1,02	245/155	87	"	"	3 800	$\frac{5,58}{8,2}$·25,6		"	52 90 118	1 1 1	" " "
2/4	0,75	1 500/1 430	127/220 220/380 500 Y	4,87/2,82 2,82/1,64 1,24	195/125	"	"	"	4 150	$\frac{6,9}{9,9}$·20,5		1—8	40 68 90	1 1 1	" " "
3/6	0,8	1 000/950	127/220 220/380 500 Y	5,33/3,08 3,08/1,79 1,36	245/155	67	54	"	4 750	$\frac{5,59}{8,2}$·26		"	36 62 80	1 1 1	" " "
3/6Б	0,8	1 000/950	127/220 220/380 500 Y	5,43/3,14 3,14/1,83 1,38	195/125	87	36	"	5 250	$\frac{6,9}{9,9}$·20,5		1—6	46 80 102	1 1 1	" " "
3/4	1,1	1 500/1 430	127/220 220/380 500 Y	6,8/3,93 3,93/2,28 1,73	245/155	67	48	0,3	4 250	$\frac{6,58}{9,2}$·23,5		1—10	30 52 68	1 1 1	" " "

ТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,57

4-й габарит, 4-, 6- и 8-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	Ротор: $U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2из}$, *кг*
2,24 4 5,25	4,2×8,3 5,6×8,5 3,28/3,68	3,4 2,9 3,22	215 215 215	42 48,5 43,5	228	146	60	Стержневая волновая	λ	2	1	Посл.	2	3,8×10,8	3,58	29,5
1,75 2,75 3,75	5,6×8,5 3,8×7,6 5,6×8,5	3,4 3,11 3,0	200 200 200	54 48,5 52	320	142	60		λ	2	1	»	2	3,8×10,8	3,5	34,5
3 5 7	3,8×7,6 4,2×8,3 2,83/3,13	3,0 3,95 3,25	220 220 220	45 43 41,5	191	126	72		λ	2	1	»	2	3,28×12,5	3,1	31
2,33 3,67 5	4,2×8,3 5,6×8,5 4,2×8,3	3,5 3,0 3,06	220 220 220	46 50 50,5	256	126	72		λ	2	1	»	2	3,28×12,5	3,1	36,9
3 5 7	3,28/3,68 3,53/3,93 2,44/2,74	3,15 3,12 3,34	195 195 195	36 36,2 36,3	190	93	96		λ	2	1	»	2	2,83×10,8	3,08	25,2
2,33 3,67 5	3,8×7,6 2,83/3,13 3,53/3,93	3,1 3,32 3,24	195 195 195	43,6 42,8 43,5	256	95	96		λ	2	1	»	2	2,83×10,8	3,14	32

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,58

1, 2 и 3-й габариты

$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	Ротор: $U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2из}$, *кг*
62 108 142	0,9/1,06 0,69/0,84 0,59/0,74	2,72 2,68 2,8	100 100 100	2,33 2,38 2,28	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
56 96 126	1,08/1,26 0,8/0,96 0,69/0,84	2,55 2,69 2,76	120 120 120	3,04 2,86 2,78	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
52 90 118	1,08/1,26 0,8/0,96 0,69/0,84	2,53 2,67 2,73	90 90 90	3,1 3,0 2,9	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
40 68 90	1,16/1,34 0,86/1,02 0,74/0,9	2,68 2,83 2,88	100 100 100	3,42 3,2 3,13	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
36 62 80	1,25/1,43 0,9/1,06 0,8/0,96	2,51 2,82 2,7	120 120 120	4,25 3,82 3,86	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
46 80 102	1,2/1,38 0,9/1,06 0,8/0,96	2,78 2,87 2,75	135 135 135	3,42 3,36 3,36	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
30 52 68	1,35/1,53 1,0/1,18 0,9/1,06	2,75 2,9 2,72	115 115 115	4,47 4,25 4,52	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
3/6	0,8	1 000/950	127/220 220/380 500 λ	5,45/3,15 3,15/1,82 1,38	245/155	67	36	0,25	5 150	$\frac{5,58}{8,2} \cdot 25,6$	Двухслойная секционная	1—6	50 86 112	1 1 1	Посл. » »
4/6Б	1,1	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	7,5/4,33 4,33/2,5 1,9	245/155	67	36	0,3	5 700	$\frac{5,58}{8,2} \cdot 25,6$		1—6	44 78 100	1 1 1	Посл. » »
5/6Б	1,5	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	12,9/7,45 7,45/4,31 3,28	245/155	97	36	0,3	5 450	$\frac{5,58}{8,2} \cdot 25,6$		1—6	66 56 74	1 1 1	2 Посл. »
6/6	2,2	1 000/960	127/220 220/380 500 λ	14,2/8,2 8,2/4,75 3,61	245/155	97	36	0,3	6 350	$\frac{5,58}{8,2} \cdot 25,6$		1—6	56 48 64	2 1 1	Посл. » »
7/6	2,8	1 000/960	127/220 220/380 500 λ	18,2/10,5 10,5/6,1 4,64	245/155	131	36	0,35	5 950	$\frac{5,58}{8,2} \cdot 25,6$		1—6	44 38 50	2 1 1	Посл. » »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
3/4Б	1,1	1 500/1 430	127/220 220/380 500 λ	7,14/4,12 4,12/2,39 1,81	195/125	87	36	0,3	4 850	$\frac{6,9}{9,9} \cdot 20,5$	Двухслойная секционная	1—8	34 58 78	1 1 1	Посл. » »
4/6	1,1	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	7,78/4,5 4,5/2,6 1,98	245/155	97	54	0,3	4 650	$\frac{5,59}{8,2} \cdot 26$		1—8	26 44 58	1 1 1	Посл. » »
4/6Б ТПФ-30/6Б	1,1	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	7,6/4,39 4,39/2,52 1,92	245/155	67	54	0,3	5 650	$\frac{5,59}{8,2} \cdot 26$		1—8	30 52 68	1 1 1	Посл. » »
4/4	1,5	1 500/1 435	127/220 220/380 500 λ	9,36/5,42 5,42/3,12 2,38	245/155	97	48	0,3	4 050	$\frac{6,58}{9,2} \cdot 23,5$		1—10	22 38 50	1 1 1	Посл. » »
4/4Б	1,5	1 500/1 435	127/220 220/380 500 λ	9,36/5,42 5,42/3,12 2,38	245/155	67	48	0,3	5 000	$\frac{6,58}{9,2} \cdot 23,5$		1—10	26 44 58	1 1 1	Посл. » »
5/6	1,5	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	9,75/5,63 5,63/3,26 2,48	245/155	131	54	0,3	4 400	$\frac{5,59}{8,2} \cdot 26$		1—8	20 34 44	1 1 1	Посл. » »
5/6Б	1,5	1 000/955	127/220 220/380 500 λ	9,75/5,63 5,63/3,26 2,48	245/155	97	54	0,3	5 350	$\frac{5,59}{8,2} \cdot 26$		1—8	22 38 50	1 1 1	Посл. » »

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,59*

3, 4, 6, 7-й габариты

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{⌀ гол}{⌀ из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{⌀ гол}{⌀ из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2}$, *кг*
50 86 112	1,25/1,43 0,9/1,06 0,8/0,96	2,58 2,86 2,75	115 115 115	3,97 3,55 3,66	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
44 78 100	1,35/1,53 1,0/1,18 0,9/1,06	3,02 3,18 2,98	145 145 145	4,08 3,97 4,12	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
33 56 74	1,16/1,34 1,25/1,43 1,08/1,26	3,52 3,52 3,56	180 180 180	5,21 5,15 5,08	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
28 48 64	1,2/1,38 1,3/1,48 1,12/1,3	3,62 3,58 3,66	170 170 170	4,8 4,8 4,78	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
22 38 50	1,4/1,58 1,5/1,68 1,3/1,48	3,41 3,45 3,5	170 170 170	6,02 5,93 5,83	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,60*

2, 3, 4 и 5-й габариты

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{⌀ гол}{⌀ из}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1 из}$, *кг*	$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{⌀ гол}{⌀ из}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2}$, *кг*
34 58 78	1,35/1,53 1,08/1,26 0,9/1,06	2,88 2,62 2,84	125 125 125	3,92 4,3 4,05	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
26 44 58	1,35/1,53 1,0/1,18 0,9/1,06	3,14 3,31 3,11	130 130 130	4,2 3,88 4,15	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
30 52 68	1,35/1,53 1,0/1,18 0,9/1,06	3,07 3,21 3,01	145 145 145	4,15 3,92 4,15	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
22 38 50	1,56/1,74 1,16/1,34 1,0/1,18	2,84 2,96 3,03	115 115 115	5,0 4,8 4,68	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
26 44 58	1,56/1,74 1,16/1,34 1,0/1,18	2,84 2,96 3,03	135 135 135	5,2 4,85 4,75	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
20 34 44	1,68/1,93 1,25/1,43 1,08/1,26	2,54 2,65 2,71	120 120 120	5,75 5,45 5,25	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
22 38 50	1,68/1,93 1,25/1,43 1,08/1,26	2,54 2,65 2,71	135 135 135	5,5 5,25 5,15	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_S\cdot b_S$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
4/4Б	1,5	1 500/1 435	127/220 220/380 500 Y	9,16/5,3 5,3/3,06 2,33	245/155	67	36	0,3	5 100	$\frac{5,58}{8,2}\times25,6$	Двухслойная секционная	1—8	34 58 76	1 1 1	Посл. " "
5/4	1,5	1 500/1 435	127/220 220/380 500 Y	9,16/5,3 5,3/3,06 2,33	245/155	131	36	0,3	4 000	$\frac{5,58}{8,2}\times25,6$		1—8	44 38 50	2 1 1	Посл. " "
6/4	3,2	1 500/1 440	127/220 220/380 500 Y	19/11 11/6,4 4,86	245/155	97	36	0,35	5 650	$\frac{5,58}{8,2}\times25,6$		1—8	42 36 48	1 1 1	2 Посл. "
7/4	4,5	1 500/1 450	127/220 220/380 500 Y	26,4/15,2 15,2/8,8 6,68	245/155	131	36	0,4	5 400	$\frac{5,58}{8,2}\times25,6$		1—8	64 56 36	2 2 1	2 Посл. "

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{Y}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_S\cdot b_S$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
5/4	2,2	1 500/1 440	127/220 220/380 500 Y	13,2/7,64 7,64/4,42 3,35	245/155	131	48	0,3	4 050	$\frac{6,58}{9,2}\cdot23,5$	Двухслойная секционная	1—10	32 28 36	2 1 1	Посл. " "
5/4Б	2,2	1 500/1 440	127/220 220/380 500 Y	13,2/7,64 7,64/4,42 3,36	245/155	97	48	0,3	4 750	$\frac{6,58}{9,2}\cdot23,5$		1—10	36 32 42	2 1 1	Посл. " "
6/8	1,5	750/725	127/220 220/380 500 Y	11,0/6,34 6,34/3,67 2,79	245/155	97	48	0,3	5 850	$\frac{6,58}{9,2}\cdot23,5$		1—6	30 52 68	1 1 1	Посл. " "
6/6	2,2	1 000/960	127/220 220/380 500 Y	13,5/7,8 7,8/4,52 3,44	245/155	97	48	0,3	5 950	$\frac{5,59}{8,2}\cdot26,0$		1—8	20 34 46	1 1 1	Посл. " "
6/4	3,2	1 500/1 440	127/220 220/380 500 Y	19,5/11,25 11,25/6,5 4,94	245/155	97	48	0,35	5 450	$\frac{6,58}{9,2}\cdot23,5$		1—10	32 28 36	2 1 1	Посл. " "
7/8	2,0	750/725	127/220 220/380 500 Y	14,4/8,33 8,33/4,82 3,66	245/155	131	48	0,3	5 950	$\frac{6,58}{9,2}\cdot23,5$		1—6	22 38 50	1 1 1	Посл. " "
7/6	2,8	1 000/960	127/220 220/380 500 Y	18,9/10,9 10,9/6,3 4,8	245/155	131	54	0,35	5 750	$\frac{5,59}{8,2}\cdot26,0$		1—8	30 26 34	1 1 1	2 Посл. "

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,61

3, 5, 6, и 7-й габариты

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
34	1,56/1,74	2,77	130	5,24	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
58	1,16/1,34	2,9	130	4,93												
76	1,0/1,18	2,97	130	4,82												
22	1,45/1,63	1,61	85	7,37	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
38	1,56/1,74	1,6	85	7,37												
50	1,35/1,53	1,63	85	7,28												
21	1,45/1,63	3,33	170	6,35	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
36	1,56/1,74	3,35	170	6,3												
48	1,35/1,53	3,4	170	6,3												
16	1,16/1,34	3,59	180	6,36	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
28	1,25/1,43	3,6	180	6,47												
36	1,56/1,74	3,5	180	6,5												

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,62

4, 5, 6 и 7-й габариты

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1 из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
16	1,45/1,63	2,31	120	7,15	—	—	—	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	—	—	—
28	1,56/1,74	2,31	120	7,2												
36	1,35/1,53	2,35	120	6,95												
18	1,35/1,53	2,67	135	6,15	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
32	1,45/1,63	2,67	135	6,3												
42	1,25/1,43	2,64	135	6,1												
30	1,56/1,74	3,32	190	5,25	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
52	1,16/1,34	3,46	190	5,1												
68	1,0/1,18	3,55	190	5,0												
20	1,68/1,93	3,5	170	5,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
34	1,25/1,43	3,68	170	4,7												
46	1,08/1,26	3,76	170	4,75												
16	1,45/1,63	3,4	180	6,3	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
28	1,56/1,74	3,4	180	6,37												
36	1,35/1,53	3,45	180	6,15												
22	1,81/2,06	3,24	180	6,13	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
38	1,35/1,53	3,37	180	5,88												
50	1,16/1,34	3,47	180	5,75												
15	1,35/1,53	3,82	180	5,6	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
26	1,45/1,63	3,82	180	5,62												
34	1,25/1,43	3,92	180	5,42												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s\cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
7/4	4,5	$\frac{1\,500}{1\,450}$	127/220 220/380 500λ	26,3/15,2 15,2/8,8 6,7	$\frac{245}{155}$	131	48	0,4	5 100	$\frac{6,58}{9,2}\cdot 23,5$	Двухслойная секционная	1—10	24 22 28	2 1 1	Посл. » »
8/8	2,8	$\frac{750}{730}$	127/220 220/380 500λ	20,3/11,7 11,7/6,75 5,15	$\frac{295}{190}$	113	»	0,35	5 900	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		1—6	40 36 48	2 1 1	» » »
ТТА-8/6	3,3	$\frac{1\,000}{960}$	127/220 220/380 500λ	21,5/12,45 12,45/7,22 5,48	»	»	54	»	5 950	$\frac{6,79}{8,4}\cdot 30$		1—8	28 24 32	2 1 1	» » »
8/6	3,8	$\frac{1\,000}{960}$	127/220 220/380 500λ	23,7/13,7 13,7/7,93 6,02	»	»	»	»	6 500	$\frac{6,79}{8,4}\cdot 30$		1—8	26 22 30	1 1 1	2 Посл. »
Т ТА-8/4	5,2	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500λ	30,6/17,7 17,7/10,3 7,8	»	»	48	0,4	5 300	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		1—10	24 20 26	2 1 1	» » »
8/4	6,0	$\frac{1\,500}{1\,460}$	127/220 220/380 500λ	35,8/20,7 20,7/12 9,14	»	»	»	»	5 900	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		1—10	22 36 24	1 2 1	2 Посл. »
9/8	3,6	$\frac{750}{730}$	127/220 220/380 500λ	23,8/13,75 13,75/8,0 6,05	»	148	»	0,35	5 450	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		1—6	34 30 38	1 1 1	2 Посл. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{\lambda}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s\cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
ТТА-9/6Б	4,4	$\frac{1\,000}{965}$	127/220 220/380 500λ	26,7/15,4 15,4/8,92 6,78	$\frac{295}{190}$	113	54	0,4	6 450	$\frac{6,79}{8,4}\cdot 30$	Двухслойная секционная	1—8	26 22 30	1 1 1	2 Посл. »
9/6Б	5,0	$\frac{1\,000}{965}$	127/220 220/380 500λ	31,8/18,4 18,4/10,65 8,1	»	»	»	»	6 850	$\frac{6,79}{8,4}\cdot 30$		»	24 22 28	2 1 1	» » »
9/6	5,0	$\frac{1\,000}{955}$	127/220 220/380 500λ	31,8/18,4 18,4/10,65 8,1	»	148	»	»	5 450	$\frac{6,79}{8,4}\cdot 30$		»	24 20 52	2 1 2	» » »
ТТА-9/4Б	6,8	$\frac{1\,500}{1\,465}$	127/220 220/380 500λ	40,5/23,4 23,4/13,5 10,25	»	113	48	0,45	5 950	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		1—10	44 36 24	2 2 1	2 Посл. »
9/4Б	7,8	$\frac{1\,500}{1\,465}$	127/220 220/380 500λ	47/27,2 27,2/15,75 11,95	»	»	»	»	6 300	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		»	40 34 44	2 1 2	2 2 Посл.
9/4	7,8	$\frac{1\,500}{1\,465}$	127/220 220/380 500λ	45,1/26,1 26,1/15,2 11,5	»	148	»	»	5 450	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		»	36 30 40	2 1 2	2 2 Посл.
10/8	4,5	$\frac{750}{735}$	127/220 220/380 500λ	31,2/18,0 18,0/10,4 7,95	»	185	»	0,4	5 400	$\frac{7,68}{10,9}\cdot 29$		1—6	28 24 32	2 1 1	» » »

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,63

7, 8 и 9-й габариты

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
12	1,68/1,93	3,43	190	7,15				Короткозамкнутая								
22	1,81/2,06	3,43	190	7,6	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
28	1,56/1,74	3,5	190	7,2												
20	1,45/1,63	3,55	195	7,4												
36	1,56/1,74	3,55	195	7,75	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
48	1,35/1,53	3,6	195	7,75												
14	1,45/1,63	3,76	160	6,7												
24	1,56/1,74	3,78	160	6,65	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
32	1,35/1,53	3,84	160	6,65												
13	1,56/1,81	3,58	160	7,25												
22	1,68/1,93	3,56	160	7,1	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
30	1,45/1,63	3,63	160	7,2												
12	1,81/2,06	3,44	165	9,0												
20	1,95/2,2	3,44	165	8,75	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
26	1,68/1,93	3,52	165	8,45												
11	1,95/2,2	3,48	175	9,6												
18	1,56/1,74+1,45/1,63	3,38	175	9,35	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
24	1,81/2,26	3,55	175	9,0												
17	1,68/1,93	3,1	195	9,75												
30	1,81/2,06	3,1	195	10	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
38	1,56/1,74	3,16	195	9,4												

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,64

8, 9, 4, 10-й габариты

					Ротор											
$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	$U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
13	1,68/1,93	3,47	175	8,4				Короткозамкнутая								
22	1,81/2,06	3,47	175	8,22	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
30	1,56/1,74	3,55	175	8,32												
12	1,81/2,06+1,95/2,2	3,32	210	9,65												
22	1,95/2,2	3,56	210	9,5	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
28	1,68/1,93	3,66	210	9,05												
12	1,81/2,06	3,57	190	10,1												
20	2,02/2,27	3,32	190	10,5	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
26	1,25/1,43	3,31	190	10,5												
11	1,45/1,63	3,54	195	10,65												
18	1,68/1,93+1,56/1,74	3,29	195	10,85	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
24	1,95/2,2	3,43	195	10,45												
10	1,56/1,74+1,68/1,93	3,3	215	12,1												
17	1,81/2,06	3,06	215	12,75	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
22	1,56/1,74	3,14	215	12,3												
9	1,68/1,93	2,95	185	13,1												
15	1,81/2,06	2,96	185	12,7	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
20	1,56/1,74	3,0	185	12,5												
14	1,95/2,2+1,81/2,06	3,26	200	11,4												
24	2,02/2,27	3,24	200	11,3	—	—	—		—	1	1	»	—	—	—	—
32	1,81/2,06	3,1	200	12												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТТ. Завод Лепсе. Москва.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1 \frac{\Delta}{Y}$, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
10/6Б	6,5	1 000/965	127/220 220/380 500Y	40/23,2 23,2/13,45 10,2	295/190	148	54	0,45	6 800	$\frac{6,79}{8,4} \cdot 30$	Двухслойная секционная	1—8	28 32 22	1 2 1	3 Посл. »
10/6	6,5	1 000/965	127/220 220/380 500Y	40/23,2 23,2/13,45 10,2	»	185	»	»	5 650	$\frac{6,79}{8,4} \cdot 30$		»	26 46 20	1 1 1	3 3 Посл.
ТТУ-10/6	7,5	1 000/970	127/220 220/380 500Y	48,5/28 28/16,2 12,3	»	148	»	»	7 200	$\frac{6,79}{8,4} \cdot 30$		»	26 30 40	1 1 2	3 2 Посл.
ТТА-10/4Б	8,8	1 500/1 470	127/220 220/380 500Y	50,5/29,2 29,2/16,8 12,82	»	»	48	»	5 800	$\frac{7,68}{10,9} \cdot 29$		1—10	32 28 38	2 2 1	2 Посл. 2
ТТА-10/4	8,8	1 500/1 470	127/220 220/380 500Y	51,5/29,8 29,8/17,2 13,1	»	185	»	»	5 000	$\frac{7,68}{10,9} \cdot 29$		»	30 26 34	1 1 1	4 2 2
10/4	10	1 500/1 470	127/220 220/380 500Y	57,5/33,2 33,2/19,2 14,6	»	»	»	»	5 650	$\frac{7,68}{10,9} \cdot 29$		»	28 46 32	2 2 2	2 2 Посл.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип МКБ. Завода ЯЭМЗ. Ярославль.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_S \cdot b_S$	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
13-4	1,8	1 500/1 455	220Y 380Y 500Y	6,9 4,0 3,02	220/145	113	24	0,4	5 100	$\frac{10,2}{13,5} \cdot 18,8 \cdot 3,5$	Однослойная шаблонная	1—6	31 54 71	1 1 1	Посл. » »
13-6	1,2	1 000/950	220Y 380Y 500Y	5,3 3,1 2,35	220/145	113	36	0,4	4 500	$\frac{8,4}{10,9} \cdot 20,2 \cdot 3,1$		1—6	36 62 82	1 1 1	» » »
14-4	2,2	1 500/1 440	220Y 380Y 500Y	8,4 4,85 3,7	220/145	158	24	0,4	4 600	$\frac{10,2}{13,5} \cdot 18,8 \cdot 3,5$		1—6	50 44 58	2 1 1	» » »
14-6	1,6	1 000/955	220Y 380Y 500Y	7,7 4,46 3,4	220/145	158	36	0,4	4 500	$\frac{8,4}{10,9} \cdot 20,2 \cdot 3,1$		1—6	52 45 59	2 1 1	» » »
15-4	3,0	1 500/1 440	220Y 380Y 500Y	10,9 6,3 4,8	250/145	143	24	0,4	5 600	$\frac{7,9}{10,9} \cdot 24,2 \cdot 3,6$		1—6	23 40 53	1 1 1	» » »
15-6	2,0	1 000/965	220Y 380Y 500Y	8,4 4,85 3,7	250/169,9	143	36	0,45	4 600	$\frac{9,3}{11,7} \cdot 20,2 \cdot 3,1$		1—6	24 42 55	1 1 1	» » »

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,65*

10 и 9-й габариты

$N_{n1эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{n2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{n2эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
9,34	1,68/1,93	3,48	195	10,1				Короткозамкнутая								
16	1,56/1,74	3,52	195	9,95	—	—	—		—	1	1	Пар.	—	—	—	—
22	1,88/2,13	3,68	195	10												
8,66	1,74/1,99	3,26	185	11,3												
15,3	1,35/1,53	3,13	185	11,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
20	2,02/2,27	3,18	185	11,7												
8,66	1,81/2,06	3,63	220	11,0												
15	1,68/1,93	3,66	220	10,9	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
20	1,45/1,63	3,73	220	10,85												
8	1,81/2,06	2,84	190	13,4												
14	1,95/2,2	2,81	190	13,6	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
19	1,68/1,93	2,91	190	13,65												
7,5	1,88/2,13	2,68	180	15,0												
13	2,02/2,27	2,68	180	15,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
17	1,74/1,99	2,76	180	14,6												
7	1,95/2,2	2,78	180	15,1												
11,5	1,56/1,74+1,45/1,63	2,71	180	15,4	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
16	1,81/2,06	2,83	180	15,0												

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,66*

5 и 6-й габариты 4- и 6-полюсные. Форма К

$N_{n1эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{n2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{n2эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
31	1,56/1,81	3,6	113	3,55				Короткозамкнутая								
54	1,2/1,45	3,55	113	3,56	—	—	33		—	1	1	Пар.	—	3,8×11,6	—	—
71	1,04/1,29	3,55	113	3,6												
36	1,4/1,7	3,45	150	4,8												
62	1,08/1,32	3,4	150	4,92	—	—	48		—	1	1	„	—	3,05×10,8	—	—
82	0,96/1,13	3,4	150	4,8												
25	1,35/1,6	2,9	112	4,97												
44	1,45/1,7	2,95	112	5,05	—	—	33		—	1	1	„	—	3,8×11,6	—	—
58	1,25/1,5	3,0	112	4,94												
26	1,2/1,45	3,4	157	5,94												
45	1,3/1,55	3,36	157	6,02	—	—	48		—	1	1	„	—	3,05×10,8	—	—
59	1,12/1,37	3,5	157	5,36												
23	1,88/2,13	3,9	133	4,3												
40	1,4/1,65	4,06	133	4,14	—	—	43		—	1	1	„	—	10×20	—	—
53	1,25/1,5	3,9	133	4,22												
24	1,81/2,06	3,25	137	5,95												
42	1,4/1,65	3,15	137	6,23	—	—	43		—	1	1	„	—	7,0	—	—
55	1,2/1,45	3,28	137	5,97												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХ

Тип МКА и МКБ. Завод ЯЭМЗ. Ярославль.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
13-4	3,8	$\frac{1\,500}{1\,410}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	14,7 8,5 6,45	$\frac{220}{145}$	113	24	0,4	6 000	$\frac{10,2}{13,5} \cdot 18,8 \cdot 3,5$	Однослойная шаблонная	1—6	27 46 60	1 1 1	Посл. » »
13-6	2,5	$\frac{1\,000}{895}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	10 5,77 4,4	$\frac{220}{145}$	113	36	0,4	5 900	$\frac{8,4}{10,9} \cdot 20,2 \cdot 3,1$		1—6	27 47 62	1 1 1	» » »
14-4	5,5	$\frac{1\,500}{1\,400}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	20,6 11,9 9,1	$\frac{220}{145}$	158	24	0,4	6 000	$\frac{10,2}{13,5} \cdot 18,8 \cdot 3,5$		1—6	38 34 44	2 1 1	» » »
14-6	3,5	$\frac{1\,000}{900}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	13,7 7,9 6	$\frac{220}{145}$	158	36	0,4	5 700	$\frac{8,4}{10,9} \cdot 20,2 \cdot 3,1$		1—6	42 36 47	2 1 1	» » »
15-4	7,4	$\frac{1\,500}{1\,400}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	26 15 11,4	$\frac{250}{145}$	143	24	0,4	7 400	$\frac{7,9}{10,9} \cdot 24,2 \cdot 3,5$		1—6	35 30 40	1 1 1	2 Посл. »
15-6	4,8	$\frac{1\,000}{905}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	18,3 10,6 8	$\frac{250}{169,9}$	143	36	0,45	5 900	$\frac{9,3}{11,7} \cdot 20,2 \cdot 3,1$		1—6	37 32 42	1 1 1	2 Посл. »

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип МКБ. Завод ЯЭМЗ. Ярославль.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_l}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
17-4	3,7	$\frac{1\,500}{1\,470}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	13,5 7,35 6,0	$\frac{290}{195}$	128	36	0,4	5 600	$\frac{8,4}{10,9} \cdot 20,2 \cdot 3,1$	Однослойная шаблонная	1—8; 1—10	26 44 29	2 2 1	Посл. » »
17-6	2,6	$\frac{1\,000}{975}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	10,3 6,0 4,5	$\frac{290}{195}$	128	36	0,4	5 750	$\frac{7,9}{10,9} \cdot 24,2 \cdot 3,6$		1—6	36 32 42	2 1 1	» » »
17-8	2,2	$\frac{750}{715}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	9,8 5,6 4,3	$\frac{290}{195}$	128	48	0,4	5 300	$\frac{6,5}{10,4} \cdot 26,5 \cdot 3,2$		1—6	40 35 46	2 1 1	» » »
18-6	3,5	$\frac{1\,000}{975}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	14 8,1 6,2	$\frac{290}{195}$	178	36	0,4	5 400	$\frac{7,9}{10,9} \cdot 24,2 \cdot 3,6$		1—6	29 25 33	1 1 1	2 Посл. »
18-8	2,8	$\frac{750}{720}$	220⅄ 380⅄ 500⅄	12 6,94 5,3	$\frac{290}{195}$	178	48	0,4	5 200	$\frac{6,5}{10,4} \cdot 26,5 \cdot 3,2$		1—6	30 26 34	2 1 1	» » »

ФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ И ФАЗНЫМ РОТОРАМИ

Таблица 1,67

5 и 6-й габариты 4- и 6-полюсные. Форма С

$N_{п1эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	Ротор											
					$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п1эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п1эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$, *мм*	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2из}$, *кг*
27 46 60	1,81/2,06 1,4/1,65 1,2/1,45	5,7 5,5 5,7	205 205 205	4,15 4,23 4,07	47,7	54,7	36	Катушечная	λ	4	1	Посл.	4	3,05×2,63	6,8	2,71
27 47 62	1,68/1,93 1,25/1,5 1,08/1,33	4,5 4,65 4,8	190 190 190	5,16 5,0 4,92	39,2	48	45		λ	4	1	»	4	2,63×3,28	5,6	3,7
19 34 44	1,5/1,75 1,62/1,87 1,45/1,7	5,8 5,75 5,5	210 210 210	4,67 4,85 5,05	64,6	57,5	36		λ	4	1	»	4	3,05×2,63	7,2	3,15
21 36 47	1,4/1,65 1,5/1,75 1,3/1,55	4,45 4,45 4,5	200 200 200	6,52 6,4 6,3	51	51	45		λ	4	1	»	4	2,63×3,28	5,9	4,32
17,5 30 40	1,5/1,75 1,62/1,87 1,4/1,65	7,3 7,3 7,4	236 236 236	4,16 4,16 4,14	72	67	36		λ	4	1	»	4	2,44×3,8	7,2	3,8
18,5 32 42	1,5/1,75 1,62/1,87 1,4/1,65	5,2 5,1 5,2	225 225 225	6,33 6,34 6,23	66,5	51	45		λ	5— 5— 4—	1	»	4,66	3,05/3,45	7	4,26

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,68

7-й габарит 4-, 6- и 8-полюсные. Форма К

$N_{п1эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$, *мм*	Δ_1, *а/мм²*	*AS*, *а/см*	$G_{м1из}$, *кг*	Ротор											
					$U_{л2}$, *в*	$I_{ф2}$, *а*	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	$\frac{⌀_{гол}}{⌀_{из}}$	Δ_2, *а/мм²*	$G_{м2}$, *кг*
13 22 29	1,74/1,99 1,3/1,55 1,62/1,87	2,82 2,76 2,9	100 100 100	7,14 6,74 6,91	—	—	43	Короткозамкнутая	—	1	1	Пар.	—	7,0	—	—
18 32 42	1,62/1,87 1,74/1,99 1,5/1,75	2,6 2,54 2,55	113 113 113	7,0 7,15 7,0	—	—	54		—	1	1	»	—	2,63×12,5	—	—
20 35 46	1,45/1,75 1,56/1,81 1,35/1,6	2,95 2,95 3,0	154 154 154	7,58 7,6 7,52	—	—	67		—	1	1	»	—	2,63×11,6	—	—
14,5 25 33	1,74/1,99 1,88/2,13 1,62/1,87	2,92 2,92 3,0	120 120 120	7,8 7,8 7,52	—	—	54		—	1	1	»	—	2,63×12,5	—	—
15 26 34	1,81/2,06 1,88/2,13 1,68/1,93	2,35 2,5 2,4	140 140 140	10,45 9,79 10,21	—	—	67		—	1	1	»	—	2,63×11,6	—	—

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ТРЕХФАЗНОГО

Тип МКА и МКБ. Завод ЯЭМЗ. Ярославль.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
17-4	11 12*	1 500/1 420	220⅄ 380⅄ 500⅄	39,6 22,9 17,4	290/195	128	36	0,4	7 200	8,4/10,9·20,2·31	Однослойная шаблонная	1—8; 1—10	20 34 44	2 2 2	Посл. » »
17-6	7,4	1 000/955	220⅄ 380⅄ 500⅄	29,4 17 12,9	290/195	128	36	0,4	7 600	7,9/10,9·24,2·3,6		1—6	28 48 32	2 2 1	» » »
17-8	5,5 6*	750/690	220⅄ 380⅄ 500⅄	23,4 13,5 10,2	290/195	128	48	0,4	6 800	6,5/10,4·26,5·3,2		1—6	30 27 35	1 1 1	2 Посл. »
18-4	15	1 500/1 455	220⅄ 380⅄ 500⅄	53 30,6 23,3	290/195	178	36	0,4	6 900	8,4/10,9·20,2·3,1		1—8; 1—10	30 26 34	2 2 2	2 Посл. »
18-6	8,8	1 000/955	220⅄ 380⅄ 500⅄	34,5 20 15,2	290/195	178	36	0,4	7 100	7,9/10,9·24,2·36		1—6	22 38 25	2 2 1	» » »
18-8	6,6 7,5*	750/705	220⅄ 380⅄ 500⅄	27,4 15,8 12	290/195	178	48	0,4	6 700	6,5/10,4·26,5·3,2		1—6	23 40 26	1 2 1	2 Посл. »

Примечание. В графе „квт" отмеченные*, относятся к мощности типа МКБ.

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип МКА. Завод ЯЭМЗ. Ярославль.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
19-4	18,5	1 500/1 430	220⅄ 380⅄ 500⅄	64,5 37,3 28,4	340/230	142	36	0,5	7 900	9,3/11,7·20,2·3,1	Однослойная шаблонная	1—8; 1—10	21 24 32	3 2 2	Посл. » »
19-6	11,5	1 000/940	220⅄ 380⅄ 500⅄	44 25,4 19,3	340/230	142	36	0,5	7 500	9,2/11,7·27,7·3,2		1—6	33 38 50	3 2 2	» » »
19-8	8,8	750/700	220⅄ 380⅄ 500⅄	35,6 20,6 15,7	340/250	142	60	0,5	6 100	7,2/9,6·26,2·3,1	Двухслойная секционная	1—7	40 34 44	2 1 1	2 2 2
20-4	22,5	1 500/1 430	220⅄ 380⅄ 500⅄	77,4 44,8 34,2	340/230	182	36	0,5	7 500	9,3/11,7·20,2·3,1	Однослойная шаблонная	1—8; 1—10	22 20 26	2 2 2	2 Посл. »
20-6	15	1 000/945	220⅄ 380⅄ 500⅄	56,2 32,5 24,7	340/230	182	36	0,5	7 500	9,2/11,7·27,7·3,2		1—6	34 30 40	2 2 2	2 Посл. »
20-8	11,8	750/705	220⅄ 380⅄ 500⅄	46,5 26,9 20,4	340/250	182	60	0,5	6 300	7,2/9,6·2,62·3,1	Двухслойная секционная	1—7	30 26 34	1 1 1	4 2 2

ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ И ФАЗНЫМ РОТОРАМИ *Таблица 1,69*

7-й габарит, 4- 6- и 8-полюсные. Форма С

$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2 эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
10	1,95/2,2	6,6	230	6,9	116	61	48	Катушечная	λ	4	1	Посл.	4	2,44×3,8	6,4	5,6
17	1,5/1,75	6,5	230	6,94												
22	1,3/1,55	6,6	230	6,74												
14	1,81/2,06	5,7	240	6,83	91,5	53	54		λ	4	1	»	4	2,44×3,8	5,7	5,35
24	1,4/1,65	5,5	240	6,99												
32	1,74/1,99	5,45	240	7,15												
15	1,68/1,93	5,3	285	7,59	69,6	60	60		λ	4	1	»	4	2,44×3,8	6,5	5,8
27	1,81/2,06	5,25	285	7,92												
35	1,56/1,81	5,3	285	7,6												
7,5	1,62/1,87	6,4	235	8,02	151	62,5	48		λ	4	1	»	4	2,44×3,8	6,7	6,36
13	1,74/1,99	6,4	235	8,03												
17	1,5/1,75	6,6	235	7,81												
11	1,95/2,2	5,8	225	7,5	117	49	54		λ	4	1	»	4	2,44×3,8	5,3	5,88
19	1,5/1,75	5,6	225	7,63												
25	1,88/2,13	5,5	225	7,8												
11,5	1,95/2,2	4,6	245	9,31	91,2	44,5	60		λ	4	1	»	4	2,44×3,8	4,8	6,8
20	1,5/1,75	4,5	245	9,58												
26	1,88/2,13	4,35	245	9,79												

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,70*

8-й габарит 4-, 6-, 8-полюсные. Форма С

$N_{п1эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{Ø_{гол}}{Ø_{из}}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
7	2,02/2,27	6,7	225	8,5	164	72	48	Катушечная	λ	4	1	Посл.	4	2,83×3,53	7,2	7,12
12	1,88/2,13	6,7	225	8,42												
16	1,62/1,87	6,9	225	8,34												
11	1,74/1,99	6,2	240	8,55	116	67,4	54		λ	4	1	»	4	3,05×3,53	6,2	7,1
19	1,62/1,87	6,2	240	8,55												
25	1,4/1,65	6,3	240	8,4												
10	1,5/1,75	5,1	270	12,3	110	53	72		λ	4	1	»	4	2,83×3,53	5,3	8,54
17	1,62/1,87	5,0	270	12,1												
22	1,4/1,65	5,1	270	11,3												
5,5	1,74/1,99	8,1	225	7,3	196	72,6	48		λ	4	1	»	4	2,83×3,53	7,2	7,9
10	1,88/2,13	8,1	225	7,75												
13	1,68/1,93	7,7	225	8,0												
8,5	1,68/1,93	6,3	240	9,2	147	68,6	54		λ	4	1	»	4	3,05×3,53	6,4	7,9
15	1,81/2,06	6,3	240	9,4												
20	1,62/1,87	6,0	240	10												
7,5	1,68/1,93	5,2	265	13,1	143	58	72		λ	4	1	»	4	2,83×3,53	5,8	9,51
13	1,81/2,06	5,2	265	13												
17	1,62/1,87	4,9	265	13,7												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип МКА. Завод ЯЭМЗ. Ярославль.

Тип машины	Статор													
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	y_{n1}	$N_{n1эл}$	a_1	Соединение катушек
21-4	30	1 500/1 430	220⅄ 380⅄ 500⅄	102 58,9 44,7	390/250	162	48	0,6	7 700	$\frac{7,2}{9,6}\cdot 26,2\cdot 3,1$	Однослойная шаблонная	1—10; 1—12	27 30 30	3 2 3	2 2 Посл.
21-6	22,5	1 000/940	220⅄ 380⅄ 500⅄	81,8 47,3 36	390/280,1	162	54	0,55	6 800	$\frac{9,2}{11,7}\cdot 27,7\cdot 3,2$	Двухслойная секционная	1—9	36 40 26	3 2 1	2 2 2
21-8	16,2	750/705	220⅄ 380⅄ 500⅄	61,7 35,7 27,1	390/280,1	162	48	0,5	6 900	$\frac{9,6}{13,0}\cdot 31,5\cdot 3,2$		1—6	54 60 40	3 2 2	2 2 Посл.
22-4	37	1 500/1 445	220⅄ 380⅄ 500⅄	124,5 72 54,7	390/250	202	48	0,6	7 800	$\frac{7,2}{96}\cdot 26,2\cdot 3,1$	Однослойная шаблонная	1—10; 1—12	21 24 24	3 2 3	2 2 Посл.
22-6	29	1 000/960	220⅄ 380⅄ 500⅄	103,2 59,7 45,4	390/280,1	202	54	0,55	7 500	$\frac{9,2}{11,7}\cdot 27,7\cdot 3,2$	Двухслойная секционная	1—9	39—39—36 44 40	3 2 2	3 3 2
22-8	20,6	750/710	220⅄ 380⅄ 500⅄	76,6 44,3 33,6	390/280,1	202	48	0,5	7 000	$\frac{9,6}{13,0}\cdot 31,5\cdot 3,2$		1—6	42 48 64	3 2 2	2 2 2

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип МКА. Завод ЯЭМЗ. Ярославль.

Тип машины	Статор													
	P, *квт*	$\frac{n_1}{n_2}$, об/мин	$U_1\frac{\Delta}{\lambda}$, *в*	I_1, *а*	$\frac{D_н}{D_l}$, *мм*	$l+n_s \cdot b_s$, *мм*	z_1	δ, *мм*	B_l, *гс*	Размеры паза, *мм*²	Род обмотки	y_{n1}	$N_{n1эл}$	a_1	Соединение катушек
23-6	38	1 000/960	220⅄ 380⅄ 500⅄	132,5 76,6 58,3	445/320	182	72	0,7	6 700	$\frac{8,2}{9,6}\cdot 31,2\cdot 3,2$	Двухслойная секционная	1—11	32—32—24—24 24 32	4 2 2	2 2 2
23-8	26	750/720	220⅄ 380⅄ 500⅄	95 54,9 41,7	445/320	182	72	0,7	6 300	$\frac{8,2}{10,3}\cdot 34,2\cdot 3,4$		1—8	30 34 44	3 1 2	2 4 2
24-6	44	1 000/970	220⅄ 380⅄ 500⅄	152 88 66,8	445/320	217	72	0,7	6 800	$\frac{8,2}{9,6}\cdot 31,2\cdot 3,2$		1—11	24 30 40	4 3 2	2 2 3
24-8	33	750/725	220⅄ 380⅄ 500⅄	118,5 68,5 52	445/320	217	72	0,7	6 500	$\frac{8,2}{10,3}\cdot 34,2\cdot 3,4$		1—8	32 42 36	2 3 2	4 2 2

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,71

9-й габарит 4-, 6- и 8-полюсные. Форма С

$N_{n1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение катушек	$N_{п2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2из}$, кг
4,5	1,74/1,99	7,3	270	12,1	246	76	60	Катушечная	λ	4	1	Посл.	4	2,83×3,53	7,6	9,0
7,5	1,62/1,87	7,15	270	11,6												
10	1,62/1,87	7,23	270	11,6												
6	1,81/2,06	5,27	290	17,6	200	73,7	72		λ	4	1	»	4	2,83×3,53	7,4	10,2
10	1,68/1,93	5,31	290	17,1												
13	2,1/2,4	5,2	290	17,3												
9	1,68/1,93	4,64	290	18,4	152	71	72		λ	4	1	»	4	3,05×3,8	6,3	10,52
15	1,56/1,99	4,64	290	17,6												
20	1,95/2,2	4,51	290	18,4												
3,5	1,95/2,2	7,0	265	12,9	307	77	60		λ	4	1	»	4	2,83×3,53	7,7	9,83
6	1,81/2,06	7,0	265	12,7												
8	1,81/2,06	7,1	265	12,7												
4,21	1,74/1,99	5,0	270	19,1	272	67,5	72		λ	4	1	»	4	2,83×3,53	6,8	11,2
7,32	1,62/1,87	4,8	270	19,1												
10	1,74/1,99	4,76	270	20,1												
7	1,88/2,13	4,6	290	19,9	190	71,5	72		λ	4	1	»	4	3,05×3,8	6,3	11,7
12	1,74/1,99	4,62	290	19,5												
16	1,5/1,75	4,75	290	19,4												

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С ФАЗНЫМ РОТОРОМ

Таблица 1,72

10-й габарит, 6-, 8-полюсные. Форма С

$N_{n1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	z_2	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a	Соединение катушек	$N_{2эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2 из}$, кг
3,5	1,95/2,2	5,55	330	24,1	318	74,6	90	Катушечная	λ	4	1	Посл.	4	4,4×2,83	5,9	16,7
6	2,1/2,4	5,5	330	24												
8	1,81/2,06	5,7	330	23,7												
5	2,1/2,4	4,56	330	27,3	246	69	96		λ	4	1	»	4	4,7×3,05	4,8	18,82
8,5	1,95/2,2	4,6	330	26,7												
11	1,68/1,93	4,7	330	25,6												
3	2,1/2,4	5,5	315	25,9	380	72	90		λ	4	1	»	4	4,4×2,83	5,7	18,1
5	1,88/2,13	5,3	315	25,9												
6,67	1,62/1,87	5,4	315	25,6												
4	2,1/2,4	4,3	340	31,6	300	71	96		λ	4	1	»	4	4,7×3,05	5,0	20,5
7	1,81/2,06	4,4	340	30,8												
9	1,95/2,2	4,35	340	30,7												

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТАГ, Завод „Ревтруд". Тамбов.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_3}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
12-4	0,6	1 500 / 1 420	500⅄ 220/380 127/220	1,22 2,8/1,6 4,9/2,8	165 / 100	65	24	0,25	5 500	$\frac{8,5}{12} \cdot 19$	Двухслойная секционная	1 — 6	170 130 76	1 1 1	Посл. „ „
21-4	1,0	1 500 / 1 430	500⅄ 220/380 127/220	1,67 3,8/2,2 6,7/3,8	195 / 125	80	36	0,3	4 500	$\frac{6,9}{9,9} \cdot 20,5$		1 — 8	88 68 40	1 1 1	„ „ „
22-4	1,75	1 500 / 1 440	500⅄ 220/380 127/220	2,8 6,5/3,7 11,3/6,5	195 / 125	120	36	0,3	4 900	„		1 — 8	58 44 52	1 1 2	„ „ „
31-4	2,85	1 500 / 1 445	500⅄ 220/380 127/220	4,5 10/5,9 17,3/10	245 / 155	120	48	0,35	4 500	$\frac{6,58}{9,2} \cdot 23,5$		1 — 11	36 56 48	1 2 3	„ „ „
32-4	4,5	1 500 / 1 450	500⅄ 220/380 127/220	6,8 15,5/8,9 26,8/15,5	245 / 155	160	48	0,4	4 800	„		1 — 11	52 60 46	2 3 1	„ „ 4

ОБМОТОЧНЫЕ ДАННЫЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Тип ТАГ. Завод „Ревтруд". Тамбов.

Тип машины	Статор														
	P, квт	$\frac{n_1}{n_3}$, об/мин	U_1, в	I_1, а	$\frac{D_н}{D_i}$, мм	$l+n_s \cdot b_s$, мм	z_1	δ, мм	B_l, гс	Размеры паза, мм²	Род обмотки	$y_{п1}$	$N_{п1эл}$	a_1	Соединение катушек
21-6	0,75	1 000 / 940	500⅄ 220/380 127/220	1,6 3,6/2,1 6,2/3,6	195 / 125	80	27	0,25	4 800	13,5·22	Двухслойная секционная	1—5	160 122 140	1 1 2	Посл. „ „
22-6	1,2	1 000 / 945	500⅄ 220/380 127/220	2,3 5,2/3,0 9/5,2	195 / 125	120	27	0,3	4 800	„		1—5	110 84 96	1 1 2	„ „ „
31-6	2,2	1 000 / 950	500⅄ 220/380 127/220	3,8 8,4/4,9 14,5/8,4	245 / 155	120	36	0,35	4 800	$\frac{5,58}{8,2} \cdot 25,6$		1—6	72 112 64	1 2 2	„ „ „
32-6	3,2	1 000 / 955	500⅄ 220/380 127/220	5,3 12/6,9 21/12	245 / 155	150	36	0,4	5 000	„		1—6	104 80 72	2 2 1	„ „ 3

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,73*

1, 2 и 3-й габариты, 4-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	$z_з$	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$, мм	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
170	0,64/0,82	3,8	158	2,1				Короткозамкнутая								
130	0,74/0,90	3,7	159	2,2	—	—	—		—	1	1	Пар	—	—	—	—
76	1,0/1,16	3,6	162	2,3												
88	0,8/0,96	3,3	135	3,4												
68	0,95/1,12	3,04	137	3,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
40	1,25/1,44	3,1	139	3,6												
58	1,0/1,16	3,55	149	4,0												
44	1,16/1,35	3,5	149	4,0	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
26	1,08/1,26	3,55	155	4,0												
36	1,35/1,6	3,12	160	7,3												
28	1,16/1,35	2,8	163	7,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
16	1,2/1,39	2,9	158	7,45												
26	1,2/11,39	3,0	174	9,4												
20	1,16/1,35	2,8	175	9,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—	—
11,5	1,25/1,44	3,15	175	9,4												

ТРЕХФАЗНОГО ТОКА С КОРОТКОЗАМКНУТЫМ РОТОРОМ *Таблица 1,74*

2 и 3 й габариты 6-полюсные

$N_{п1эфф}$	$\frac{\varnothing гол}{\varnothing из}$	Δ_1, а/мм²	AS, а/см	$G_{м1из}$, кг	Ротор: $U_{л2}$, в	$I_{ф2}$, а	$z_з$	Род обмотки	Соединение фаз	$N_{п2эл}$	a_2	Соединение стержней	$N_{п2эфф}$	Δ_2, а/мм²	$G_{м2}$, кг
160	0,74/0,90	3,72	176	3,3				Короткозамкнутая							
122	0,83/0,99	3,88	176	3,1	—	—	—		—	1	1	Пар	—	—	—
70	0,8/0,96	3,6	173	3,4											
110	0,9/1,06	3,7	174	3,7											
84	1,0/1,16	3,8	174	3,6	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—
48	0,93/1,09	3,8	172	3,6											
72	1,2/1,39	3,35	202	7,0											
56	1,0/1,16	3,12	203	7,2	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—
32	1,3/1,49	3,16	199	7,2											
52	1,0/1,16	3,35	204	8,4											
40	1,16/1,35	3,25	204	8,5	—	—	—		—	1	1	„	—	—	—
24	1,25/1,44	3,25	212	8,5											

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ТАБЛИЦЫ СТЕРЖНЕВЫХ ВОЛНОВЫХ РОТОРНЫХ ОБМОТОК ДВУХСЛОЙНОГО ТИПА

Таблица 2,1

ОБМОТКИ С УДЛИНЕНИЕМ ПЕРЕХОДА

Число полюсов	Синхронное число оборотов, об/мин	Число пазов	Число пазов на полюс и фазу	Шаг обмотки		Перемычки фаз или поворотные соединения	Начала фаз	Концы фаз	Примечания
				задний	передний				
$2p$	n_1	z_2	q_2	y_1	y_2				
2	3 000	24	4	12	13	16н— 4н	1в	13в	Симметричные выводы
						24н— 12н	9в	21в	
						8н— 20н	17в	5в	
		30	5	15	16	20н— 5н	1в	16в	Симметричные выводы
						30н— 15н	11в	26в	
						10н— 25н	21в	6в	
		36	6	18	19	24н— 6н	1в	19в	Симметричные выводы
						36н— 18н	13в	31в	
						12н— 30н	25в	7в	
		42	7	21	22	28н— 7н	1в	22в	Симметричные выводы
						42н— 21н	15в	36в	
						14н— 35н	29в	8в	
		48	8	24	25	32н— 8н	1в	25в	Симметричные выводы
						48н— 24н	17в	41в	
						16н— 40н	33в	9в	
		54	9	27	28	36н— 9н	1в	28в	Симметричные выводы
						54н— 27н	19в	46в	
						18н— 45н	37в	10в	
4	1 500	36	3	9	9—10	30н— 3н	1в	10в	Симметричные выводы
						18н— 27н	25в	34в	
						6н— 15н	13в	22в	
		48	4	12	12—13	40н— 4н	1в	13в	Симметричные выводы
						24н— 36н	33в	45в	
						8н— 20н	17в	29в	
		60	5	15	15—16	50н— 5н	1в	16в	Симметричные выводы
						30н— 45н	41в	56в	
						10н— 25н	21в	36в	
		72	6	18	18—19	60н— 6н	1в	19в	Симметричные выводы
						36н— 54н	49в	67в	
						12н— 30н	25в	43в	
		84	7	21	21—22	70н— 7н	1в	22в	Симметричные выводы
						42н— 63н	57в	78в	
						14н— 35н	29в	50в	
		96	8	24	24—25	80н— 8н	1в	25в	Симметричные выводы
						48н— 72н	65в	89в	
						16н— 40н	33в	57в	
6	1 000	54	3	9	9—10	48н— 3н	1в	10в	Несимметричные выводы
						18н— 27н	25в	34в	
						42н— 51н	49в	4в	
		72	4	12	12—13	64н— 4н	1в	13в	Несимметричные выводы
						24н— 36н	33в	45в	
						56н— 68н	65в	5в	
		90	5	15	15—16	80н— 5н	1в	16в	Несимметричные выводы
						30н— 45н	41в	56в	
						70н— 85н	81в	6в	
		108	6	18	18—19	96н— 6н	1в	19в	Несимметричные выводы
						36н— 54н	49в	67в	
						84н—102н	97в	7в	

Продолжение табл. 2,1

Число полюсов $2p$	Синхронное число оборотов, об/мин n_1	Число пазов z_2	Число пазов на полюс и фазу q_2	Шаг обмотки: задний y_1	Шаг обмотки: передний y_2	Перемычки фаз или поворотные соединения	Начала фаз	Концы фаз	Примечания
8	750	72	3	9	9—10	66н— 3н 18н— 27н 42н— 51н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Симметричные выводы
		96	4	12	12—13	88н— 4н 24н— 36н 56н— 68н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Симметричные выводы
		120	5	15	15—16	110н— 5н 30н— 45н 70н— 85н	1в 41в 81в	16в 56в 96в	Симметричные выводы
		144	6	18	18—19	132н— 6н 36н— 54н 84н—102н	1в 49в 97в	19в 67в 115в	Симметричные выводы
10	600	90	3	9	9—10	84н— 3н 54н— 63н 24н— 33н	1в 61в 31в	10в 70в 40в	Симметричные выводы
		120	4	12	12—13	112н— 4н 72н— 84н 32н— 44н	1в 81в 41в	13в 93в 53в	Симметричные выводы
		150	5	15	15—16	140н— 5н 30н— 45н 70н— 95н	1в 41в 81в	16в 56в 106в	Несимметричные выводы
12	500	108	3	9	9—10	102н— 3н 66н— 75н 30н— 39н	1в 73в 37в	10в 82в 46в	Симметричные выводы
		144	4	12	12—13	136н— 4н 24н— 36н 56н— 68н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Несимметричные выводы
		180	5	15	15—16	170н— 5н 110н—125н 50н— 65н	1в 121в 61в	16в 136в 76в	Симметричные выводы
16	375	144	3	9	9—10	138н— 3н 90н— 99н 42н— 51н	1в 97в 49в	10в 106в 58в	Симметричные выводы
		192	4	12	12—13	184н— 4н 24н— 36н 56н— 68н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Несимметричные выводы
		240	5	15	15—16	230н— 5н 150н—165н 70н— 85н	1в 161в 81в	16в 176в 96в	Симметричные выводы
24	250	216	3	9	9—10	210н— 3н 18н— 27н 42н— 51н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
		288	4	12	12—13	280н— 4н 24н— 36н 56н— 68н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Несимметричные выводы
48	125	288	2	6	6—7	284н— 2н 12н— 18н 28н— 34н	1в 17в 33в	7в 23в 39в	Несимметричные выводы
		432	3	9	9—10	426н— 3н 18н— 27н 42н— 51н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
		576	4	12	12—13	568н— 4н 24н— 36н 56н— 68н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Несимметричные выводы

Таблица 2,2

ОБМОТКИ С УКОРОЧЕНИЕМ ПЕРЕХОДА

Число полюсов	Синхронное число оборотов, об/мин	Число пазов	Число пазов на полюс и фазу	Шаг обмотки		Перемычки фаз или поворотные соединения	Начала фаз	Концы фаз	Примечания
				задний	передний				
$2p$	n_1	z_2	q_2	y_1	y_2				
2	3 000	24	4	12	11	10н — 22н 18н — 6н 2н — 14н	1в 9в 17в	13в 21в 5в	Симметричные выводы
		30	5	15	14	12н — 27н 22н — 7н 2н 17н	1в 11в 21в	16в 26в 6в	Симметричные выводы
		36	6	18	17	14н — 32н 26н — 8н 2н — 20н	1в 13в 25в	19в 31в 7в	Симметричные выводы
		42	7	21	20	16н — 37н 30н — 8н 2н — 23н	1в 15в 29в	22в 36в 8в	Симметричные выводы
		48	8	24	23	18н — 42н 34н — 10н 2н — 26н	1в 17в 33в	25в 41в 9в	Симметричные выводы
		54	9	27	26	20н — 47н 38н — 11н 2н — 29н	1в 19в 37в	28в 46в 10в	Симметричные выводы
4	1 500	36	3	9	9—8	26н — 35н 14н — 23н 2н — 11н	1в 25в 13в	10в 34в 22в	Симметричные выводы
		48	4	12	12—11	34н — 46н 18н — 30н 2н — 14н	1в 33в 17в	13в 45в 29в	Симметричные выводы
		60	5	15	15—14	42н — 57н 22н — 37н 2н — 17н	1в 41в 21в	16в 56в 36в	Симметричные выводы
		72	6	18	18—17	50н — 68н 26н — 44н 2н — 20н	1в 49в 25в	19в 67в 43в	Симметричные выводы
		84	7	21	21—20	58н — 79н 30н — 51н 2н — 23н	1в 57в 29в	22в 78в 50в	Симметричные выводы
		96	8	24	24—23	66н — 90н 34н — 58н 2н — 26н	1в 65в 33в	25в 89в 57в	Симметричные выводы
6	1 000	54	3	9	9—8	44н — 53н 14н — 23н 38н — 47н	1в 25в 49в	10в 34в 4в	Несимметричные выводы
		72	4	12	12—11	58н — 70н 18н — 30н 50н — 62н	1в 33в 65в	13в 45в 5в	Несимметричные выводы
		90	5	15	15—14	72н — 87н 22н — 37н 62н — 77н	1в 41в 81в	16в 56в 6в	Несимметричные выводы
		108	6	18	18—17	86н — 104н 26н — 44н 74н — 92н	1в 49в 97в	19в 67в 7в	Несимметричные выводы
8	750	72	3	9	9—8	62н — 71н 14н — 23н 38н — 47н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Симметричные выводы

Продолжение табл. 2,2

Число полюсов	Синхронное число оборотов, об/мин	Число пазов	Число пазов на полюс и фазу	Шаг обмотки		Перемычки фаз или поворотные соединения	Начала фаз	Концы фаз	Примечания
				задний	передний				
$2p$	n_1	z_2	q_2	y_1	y_2				
		96	4	12	12—11	82н — 94н 18н — 30н 50н — 62н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Симметричные выводы
		120	5	15	15—14	102н — 117н 22н — 37н 62н — 77н	1в 41в 81в	16в 56в 96в	Симметричные выводы
		144	6	18	18—17	122н — 140н 26н — 44н 74н — 92н	1в 49в 97в	19в 67в 115в	Симметричные выводы
10	600	90	3	9	9—8	80н — 89н 14н — 23н 38н — 47н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
		120	4	12	12—11	106 — 118н 66 — 78н 26 — 38н	1в 81в 41в	13в 93в 53в	Симметричные выводы
		150	5	15	15—14	132 — 147н 82 — 97н 32 — 47н	1в 101в 51в	16в 116в 66в	Симметричные выводы
12	500	108	3	9	9—8	98н — 107н 14н — 23н 38н — 47н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
		144	4	12	12—11	130 — 142н 82 — 94н 34 — 46н	1в 97в 49в	13в 109в 61в	Симметричные выводы
		180	5	15	15—14	162н — 177н 22н — 37н 62н — 77н	1в 41в 81в	16в 56в 96в	Несимметричные выводы
16	375	144	3	9	9—8	134н — 143н 14н — 23н 38н — 47н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
		192	4	12	12—11	178н — 190н 114н — 126н 50н — 62н	1в 129в 65в	13в 141в 77в	Симметричные выводы
		240	5	15	15—14	222н — 237н 22н — 37н 62н — 77н	1в 41в 81в	16в 56в 96в	Несимметричные выводы
24	250	216	3	9	9—8	206н — 215н 14н — 23н 38н — 47н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
		288	4	12	12—11	274н — 286н 18н — 30н 50н — 62н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Несимметричные выводы
48	125	288	2	6	6—5	282н — 288н 10н — 16н 26н — 32н	1в 17в 33в	7в 23в 39в	Несимметричные выводы
		432	3	9	9—8	422н — 431н 14н — 23н 38н — 47н	1в 25в 49в	10в 34в 58в	Несимметричные выводы
		576	4	12	12—11	562н — 574н 18н — 30н 50н — 62н	1в 33в 65в	13в 45в 77в	Несимметричные выводы

Редактор *Н. В. Виноградов*
Техн. редактор *С. Н. Бабочкин*

▽

Сдано в набор 20/X 1949 г.
Подписано к печати 12/IV 1950 г.
Формат бумаги $84 \times 108^1/_{16}$
$5^1/_2$ бумажных — 18,4 п. л.
уч-изд. л. 28.
Тираж 7 000 экз.
Т-02952 Зак. 2358

△

Типография Госэнергоиздата.
Москва, Шлюзовая наб., 10

ОПЕЧАТКИ

Страница	Столбец	Строка	Напечатано	Должно быть
12	Левый	Подписи к фиг. 10 и 10а	Ошибочно переставлены — поменять местами	
57	„	6 сверху	при $^1/_3 \leq ^1/_2$	при $\frac{c}{d} = ^1/_3 < ^1/_2$
57	„	23 „	при $^2/_3 > ^1/_2$	при $\frac{c}{d} = ^2/_3 > ^1/_2$

В. В. Мещеряков и И. М. Ченцов, „Пересчет электрических машин и таблицы обмоточных данных".